

República de Cuba



Tesis de Doctorado

**Selección de portainjertos de tomate
(*Solanum lycopersicum* L.) como táctica
para el manejo de *Meloidogyne incognita*
(Kofoed y White) Chitwood raza 2 en el
sistema de cultivo protegido**

Farah María González Userralde

Selección de portainjertos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como táctica para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoed y White) Chitwood raza 2 en el sistema de cultivo protegido (Tesis de Doctorado) / Farah María González Userralde. – La Habana : Editorial Universitaria, 2016.

© **Autor:** Farah María González Userralde.

Digitalización: Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba, 2016.

Calle 23 entre F y G, # 564.

El Vedado, Ciudad de La Habana, CP 10400,
Cuba.

Página web: <http://eduniv.mes.edu.cu>



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE LA AGRICULTURA



**Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura
Tropical “Alejandro de Humboldt”**

**Selección de portainjertos de tomate (*Solanum lycopersicum*
L.) como táctica para el manejo de *Meloidogyne incognita*
(Kofoid y White) Chitwood raza 2 en el sistema de cultivo
protegido**

Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas

Autora: Ing. Farah María González Userralde

La Habana

2016

REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE LA AGRICULTURA



Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical
“Alejandro de Humboldt”

**Selección de portainjertos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)
como táctica para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid
y White) Chitwood raza 2 en el sistema de cultivo protegido**

Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas

Autora: Ing. Farah María González Userralde

Tutores: Dr. C. Antonio S. Casanova Morales

Dra. C. Mayra G. Rodríguez Hernández

La Habana

2016

Dedicatoria

A mis queridos padres e hijas Sheila y Shaveli

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más profundos agradecimientos a las instituciones y personas que de una manera u otra colaboraron en el desarrollo del presente trabajo de tesis especialmente a:

Mis queridos tutores.

- ✓ El Dr. C. Antonio Severino Casanova Morales del (IIHLD), por guiarme y acompañarme durante más 20 años, por disfrutar mis éxitos y contribuir a mi formación profesional, por apoyarme durante todo el transcurso de la presente investigación, por sus valiosas sugerencias, por inculcarme principios tan importantes como la ética profesional, la perseverancia, la exigencia y el rigor científico.
- ✓ La Dra. C. Mayra Guadalupe Rodríguez Hernández del (CENSA), por acogerme con cariño como una de sus discípulas, es un honor y una de las mayores retribuciones que he recibido. Gracias por todo su apoyo, por sus enseñanzas en el tema de la nematología agrícola, su excelente tutoría y asesoramiento metodológicos en las investigaciones.
- ✓ A la Dra. C. Olimpia Gómez Consuegra, Dra. C. Mayte Piñón Gómez y al Ing. Tomás L. Depestre Manso del IIHLD. Por sus valiosas consultas, sugerencias y apoyo.
- ✓ Al Técnico Medio Yosiel Rabelo Lemus, por apoyarme en la ejecución y evaluación de los experimentos de campo, laboratorio, etapa de injerto y validación de resultados.
- ✓ A la Ingeniera María Regla Vásquez Camero, por su importante participación en la ejecución y evaluación de la primera etapa experimental. Por apoyarme durante la fase de injerto y validación de resultados.
- ✓ A la Msc. Alicia Fernández Miranda la Directora General del IIHLD, por todo el apoyo brindado en la ejecución exitosa de mi trabajo de tesis.
- ✓ A la Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica y Consejo Científico del IIHLD, por su colaboración y seguimiento al cumplimiento de las etapas de mi doctorado. En especial a la Dra C. María I. Hernández, Msc. Mercedes Cruz, Msc. Yaritza Rodríguez,

Msc. Alberto Igarza, Msc. Jany Fernández, Msc. Julia M. Salgado, Msc. Elda Padrón, Msc. Blanca Bernal, Msc. Manuel Sánchez, Msc. Yohandri Ruízsánchez, Msc. Gisela Rodríguez, Ing. Rafael Deroncelé, Ing. Julio C. Hernández, Ing. Caridad Valdés, Lic. Aleyda Marrero, Lic. José R. Hung, Ing. Pedro Pérez, Ing. Niurka Aulán, Ing. Yanisleidys Llanes, Ing. Virginia Marrero, Ing. Enrique Vinent, la Ing. Misleidys Varona y la secretaria Niurka Govin. Gracias por su colaboración.

- ✓ Al Msc. Adrián Hernández que me transfirió los conocimientos iniciales de esta tecnología y por su apoyo durante el desarrollo de la presente investigación.
- ✓ A la Dra. C. Lucila Gómez, Dra C. Belkis Peteira, Msc. Dainé Hernández y los Técnicos Medios Roberto Enrique Regalado y Lidia López Perdomo del laboratorio de Nematología Agrícola del CENSA, por apoyarme en la evaluación de los análisis nematológicos y valiosas sugerencias.
- ✓ A la Dra. C. Ileana Miranda Cabrera del CENSA y el Dr. C. Mario Varela Nualles del INCA por su apoyo en los análisis estadísticos y procesamiento de la información. Gracias por sus sugerencias y contribuir a mi formación en esta temática.
- ✓ A mis compañeros de la Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica del IIHLD. En especial a los Técnicos: Elena Bravo, Rosa María Hernández, Luis Sánchez, Tania Hernández, Jesús Sánchez, Yuleisi Cárdenas, Carlos Michel Camejo, Belkis Castillo, Odalis Guarniar, Anselma Ojeda, Odel Fajardo, Odalis Bruzón, Elpidio Ávila, Raúl Jiménez, así como al Msc. Pedro Alcántara, Lic. Tomás Díaz y los Ings. José A. McDonald y Raúl Díaz, quienes brindaron su apoyo en las actividades experimentales.
- ✓ A la Lic. Bárbara Rodríguez, Esp. Julio C. Rodríguez, Ing. Yohandry Rodríguez, Ing. Duniel Mederos, Lic. Rolando Martínez, Lic. Marais Buides, Lic. Neyda Ramírez del IIHLD, por su apoyo en la edición e impresión del documento de tesis.
- ✓ Al Lic. Roberto Mena y su grupo de trabajo del Departamento de Economía del IIHLD, por su apoyo en las reiteradas impresiones del documento de tesis.

- ✓ A los Ings. Lázaro Hernández, Adalberto Felipe, al Técnico Félix Cabrera del IIHLD y al productor Felix Oliva de la CCS Fortalecida “Nicomedes Corvo”, Quivicán, por su apoyo en las actividades de campo, así como a los Ings. Huberney Martínez y Ricardo Rodríguez, extensionistas, por el apoyo brindado.
- ✓ A Manuel Hernández y los Ings. Víctor Moreno y Juan C. Anzardo del Grupo Empresarial Frutícola. (GEF). Gracias por su colaboración y valiosas sugerencias.
- ✓ Al Dr. C. Eduardo Pérez Montesbravo del INISAV y el Dr. C. Nelson Espinosa, Director de la Oficina Técnica de Ozono, Cuba, CITMA, por su gran apoyo.
- ✓ Al colectivo de los Centros de Injerto Herbáceo, en especial a los Ings. Adrián Céspedes de la Empresa de Cítricos Ceiba, Artemisa y José Amador de Cítricos Ceballos, Ciego de Ávila, por el apoyo brindado en la fase de validación de resultados.
- ✓ Al Dr. C. Emilio Fernández González (INISAV), al Dr. C. Francisco Soto Carreño (INCA) y al Dr. C. Ricardo Cuadra Molina (INIFAT), oponentes en el Consejo Científico del IIHLD y la Comisión de Grado Científicos del MINAG, cuyas excelentes recomendaciones y señalamientos constructivos, que contribuyeron a mejorar el documento de tesis.
- ✓ A la Dra. C. Amelia Capote Rodríguez (INIFAT) y la Dra. C. Hortensia María Gandarilla Basterrechea (CNSV), oponentes en el acto de predefensa, por sus sugerencias y recomendaciones, que contribuyeron a mejorar el documento de tesis.
- ✓ Al Dr. C. Noel Arozarena Daza, (INIFAT), presidente de la Comisión de Grado Científicos del MINAG, por acogerme con cariño como una de sus aspirantes, por sus valiosas sugerencias e informaciones vigentes y a la Msc. Lissett Gutiérrez Hernández Secretaria del Consejo Científico del INIFAT, por su permanente apoyo.
- ✓ Al Dr. C. Ángel Leyva Galán, Dr. C. Alberto Hernández, Ing. Antoliano Ramírez y la Dra. C. Elein Terry del Departamento de Fitotecnia y la Dra. C. María E. González del Departamento de Genética del INCA, por su apoyo, consultas y asesorías para mi examen de Especialidad de Fitotecnia.

- ✓ Al Dr. C. Walfredo Torres de la Noval y la Dra C. Marta Álvarez Gil (INCA) y el Msc. Tomás Shagarodsky (INIFAT) por sus valiosas consultas, sugerencias y tiempo invertido en revisar el documento de tesis.
- ✓ Al Dr. C. Víctor Fuentes, Dra C. Yarelis Ortiz, Ing. Daymaisi Pedroso por su colaboración en el desarrollo de la presente investigación.
- ✓ A todos los miembros del Consejo Científico del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, por su permanente apoyo.
- ✓ A los profesores de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), en especial a la Dra C. Luisa Díaz- Viruliche, Dra. C. Idalmis Hernández, Dra. C. Miriam Isidró, Dra. C. Tania Pérez, Dr. C. Iván Castro, Msc. Irelio Urra, Msc. Fernando Milanés y Msc. Yosmel Vázquez, por su apoyo y sugerencias.
- ✓ Dr. Francisco Camacho, Dra. Mariel Silvina Mitidieri, Dr. Jadir Borges Pinheiro, Dra. Soledad Verdejo, Msc. Claudia Salazar y Lic. Rosa Muñoz, por su colaboración brindada para la confección exitosa del trabajo de tesis.
- ✓ Al Dr. C. Germán Hernández y a los técnicos del laboratorio de análisis de suelo y planta de la Estación Experimental “La Renee” del Instituto de Suelos, por su apoyo brindado en la etapa experimental.
- ✓ A la Lic. María Acosta por su generoso apoyo en la revisión y corrección del documento final de tesis.
- ✓ Al colectivo de trabajadores y dirección de la UEB de Logística, Dirección de personal, UCTB de Experimentación agrícola por la colaboración en diferentes etapas de la presente tesis.
- ✓ A mi familia en especial a mis padres, hermanos e hijas que me brindaron todo su apoyo y comprensión durante todo el desarrollo de la presente tesis.

SÍNTESIS

Para identificar portainjertos resistentes a nematodo *Meloidogyne incognita* (Kofoed y White) Chitwood raza 2, se evaluaron, los genotipos *Solanum torvum* Sw, *Solanum erianthum* D. Don, *Solanum globiferum* Dun., *Datura stramonium* L., ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’ F1 en condiciones semi-controladas. Se inocularon las plantas con 0,5; 1,5; 2,5 y 5 huevos-J₂.g de suelo⁻¹ de nematodos. Los genotipos seleccionados *S. torvum*, *S. globiferum*, ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’, fueron injertados con el tomate ‘HA 3105’ F1. Su trasplante se realizó bajo cultivo protegido, sobre un suelo Ferralítico Rojo típico, esta etapa fue de noviembre a junio 2009/2010 (año 1) y 2010/2011 (año 2), Se comprobó, la resistencia a *M. incognita* raza 2 de ‘Rossol’, ‘Motelle’, *S. torvum* y *S. globiferum*. Se identificaron nuevas fuentes de resistencia a *M. incognita* raza 2, en *S. erianthum* y *D. stramonium*. Se observó compatibilidad en los injertos sobre ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’. Presentaron incompatibilidad localizada, los injertos con *S. torvum* y *S. globiferum*. El injerto ‘HA 3105’/ ‘Rossol’, mostró un rendimiento, significativamente superior al control y mayor efecto económico. Se modificaron las bases teóricas de la metodología de injerto en el cultivo del tomate para el manejo de *M. incognita* raza 2 en el sistema de cultivo protegido.

ÍNDICE	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Origen, domesticación, taxonomía e importancia económica del tomate.....	6
2.2. Producción de tomate bajo condiciones protegidas	8
2.3. Género <i>Meloidogyne</i> Goeldi. Características generales y daños en el cultivo del tomate.....	9
2.3.1. Nematodos formadores de agallas del género <i>Meloidogyne</i> Goeldi en la producción de tomate bajo condiciones protegidas	12
2.3.2. Alternativas para el manejo de <i>Meloidogyne</i> spp. en el sistema de cultivo protegido del tomate en Cuba.....	14
2.4. El injerto herbáceo en el cultivo del tomate.	20
2.4.1. Métodos de injerto más utilizados para el cultivo del tomate.....	22
2.4.2. Características de los portainjertos para el cultivo del tomate.....	24
2.4.3. Interacción portainjerto-injerto durante el proceso de unión.....	25
2.4.4. Portainjertos de tomate para el manejo de <i>Meloidogyne</i> spp. en el sistema de cultivo protegido.....	27
2.4.5. Perspectivas y consideraciones económicas en la producción de plántulas de tomate injertadas.....	29

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. Esquema de la investigación.....	31
3.2. Ubicación y condiciones edafoclimáticas generales	33
3.3 Selección de genotipos de solanáceas resistentes a <i>M. incognita</i> raza 2, como potenciales portainjertos del cultivo del tomate.....	34
3.4. Determinación de la compatibilidad portainjerto-injerto en fase de plántula.....	38
3.5. Comportamiento de las plantas de tomate injertadas sobre portainjertos resistentes a <i>M. incognita</i> raza 2 en condiciones de cultivo protegido.....	41
3.5.1. Comportamiento agronómico de plantas de tomate injertadas sobre portainjertos seleccionados.....	41
3.5.2. Comprobación de la resistencia a <i>M. incognita</i> raza 2 de portainjertos seleccionados para condiciones de cultivo protegido.....	47
3.6. Evaluación económica.....	48
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1 Selección de genotipos de solanáceas resistentes a <i>M. incognita</i> raza 2, como potenciales portainjertos del cultivo del tomate.....	50
4.2. Determinación de la compatibilidad portainjerto-injerto en fase de plántula.....	55
4.3. Comportamiento de las plantas de tomate injertadas sobre portainjertos resistentes a <i>Meloidogyne incognita</i> raza 2 en condiciones de cultivo protegido.....	62
4.3.1. Comportamiento agronómico de plantas de tomate injertadas sobre portainjertos seleccionados.....	62

4.3.2. Comprobación de la resistencia a <i>M. incognita</i> raza 2 de portainjertos seleccionados para condiciones de cultivo protegido.....	84
4.4. Evaluación económica.....	89
5. CONSIDERACIONES FINALES.....	92
6. CONCLUSIONES.....	99
7. RECOMENDACIONES.....	100
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
9. ANEXOS	

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de la hortalizas más cultivadas en el mundo debido a sus cualidades gustativas, su amplio uso en estado fresco o elaborado y su importante aporte de vitaminas, minerales y carotenoides, que le proporcionan un alto valor nutricional y propiedades beneficiosas para la salud humana (Fernández-Ruíz *et al.*, 2007; Gebhardt y Thomas, 2012).

El cultivo del tomate ocupa una superficie anual de 4 803 680 ha y un rendimiento a nivel mundial de 33,68 t.ha⁻¹ (FAOSTAT, 2013). En Cuba es el principal cultivo hortícola, con una superficie a campo abierto de 43 589 ha y un rendimiento de 11,34 t.ha⁻¹ (ONE, 2013), mientras que, para su producción en el sistema de cultivo protegido, se dedican 167 ha, con rendimientos promedios entre 100 y 140 t.ha.año⁻¹ (GEF, 2014).

El cultivo protegido de tomate constituye una tecnología promisorio, para asegurar el suministro de esta hortaliza con altos rendimientos durante todo el año; sin embargo, este sistema de producción generó la incidencia de plagas que afectan la cantidad y calidad de la cosecha (Rodríguez *et al.*, 2005).

Dentro de este grupo de organismos nocivos los nematodos del género *Meloidogyne* Goeldi constituyen un factor limitante en la producción de tomate, al provocar pérdidas que varían en dependencia de la región (Verdejo-Lucas y Castillo, 2011; Flor-Peregrín *et al.*, 2012). En los países tropicales el tomate es una de las especies más susceptibles a esta plaga, con mermas en el rendimiento entre un 24-33%, siendo *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood y *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, las especies más comunes (Sikora y Fernández, 2005; Karssen y Moens, 2006; Nogueira, 2010).

En Cuba, *Meloidogyne* spp. representan el principal problema fitosanitario del cultivo del tomate protegido, causante de pérdidas en su rendimiento potencial. La especie más abundante y distribuida es *M. incognita*, con la presencia de la raza 2, catalogada como la más común, debido a su polifagia y mayor adaptabilidad a las condiciones edafo-climáticas del país (Rodríguez *et al.*, 2006; Gómez, *et al.*, 2009).

A nivel mundial, diversas tácticas de manejo son estudiadas para reducir las poblaciones de nematodos en el sistema de producción de tomate protegido. Entre ellas se destacan: laboreo del suelo, rotación de cultivos, enmiendas orgánicas, biodesinfección, solarización, control biológico, cultivos trampa, extractos botánicos, control químico, así como la utilización de variedades resistentes, como componente genético del Manejo Integrado de Plagas (MIP) (FAO, 2008; Verdejo-Lucas *et al.*, 2012.)

El uso de cultivares de tomate resistentes a nematodos poseen importancia trascendental; sin embargo, existen diversos genotipos afectados por diferentes especies del género *Meloidogyne* debido, fundamentalmente, a la alta variabilidad inter e intra-específica de las poblaciones, que favorecen su adaptabilidad y mejores ventajas selectivas sobre sus hospedantes (Cook y Starr, 2006).

En Cuba, la mayoría de los híbridos de tomate que se utilizan son importados, con genes de resistencia a *Meloidogyne* spp. (gen *Mi*); sin embargo, muestran susceptibilidad frente a esta plaga, por ello, dentro del Manejo Integrado de Nematodos se debe recurrir al uso del injerto herbáceo, que en combinación con las tácticas del MIP, permiten mantener las poblaciones de nematodos por debajo del umbral de daño económico y sustituir el consumo de Bromuro de Metilo (BM), producto biocida, altamente tóxico y destructor de la capa de ozono (Rodríguez *et al.*, 2009; Pérez -Montesbravo *et al.*, 2012).

El injerto en el cultivo del tomate es una técnica común en países europeos, asiáticos y de reciente introducción en América, en diferentes sectores agrícolas. Se basa generalmente en la utilización de portainjertos híbridos interespecíficos de *S. lycopersicum* L. × *S. habrochaites* S. Knapp y D. M. Spooner, que presentan afinidad botánica con las variedades cultivadas y confieren resistencia a *Meloidogyne* spp. y otras plagas del suelo, tolerancia a estrés abióticos, rusticidad, precocidad, así como generan incrementos del rendimiento y mejora de la calidad del fruto (Miguel *et al.*, 2007; Louws *et al.*, 2010).

A nivel internacional la búsqueda de nuevos portainjertos generó la necesidad de evaluar especies silvestres emparentadas con el tomate, que poseen resistencia o tolerancia a distintos factores de estrés biótico que permiten ampliar el espectro de genes de resistencia para reducir la infección de diversos patógenos (Camacho y Tello, 2006; Mitidieri *et al.*, 2011; Cap *et al.*, 2012 a).

La utilización de la técnica de injerto herbáceo en Cuba es novedosa. El Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”, lideró desde el año 2002 el primer proyecto de investigación sobre injerto herbáceo en el país, con el objetivo de identificar genotipos de solanáceas resistentes a nematodos, para ser utilizados como portainjertos en el cultivo del tomate y dotar a los productores de una táctica fitotécnica para el manejo de *Meloidogyne* spp. en la producción protegida de este cultivo.

Los Lineamientos del Sistema de Cultivo Protegido del Ministerio de la Agricultura de Cuba, reconocieron entre sus acciones el establecimiento del (MIP), para el manejo de los nematodos con el propósito de obtener buenos rendimientos en el cultivo del tomate (MINAG, 2010).

Problema científico: ¿Cómo enfrentar la incidencia de *Meloidogyne incognita* raza 2, a través del uso de portainjertos resistentes a nematodos en el sistema de cultivo protegido de tomate en Cuba?

Hipótesis de trabajo: Es posible la identificación de genotipos de solanáceas silvestres y cultivares de tomate con resistencia comprobada a una población autóctona de *Meloidogyne incognita* raza 2, que cumplan los requisitos agronómicos para ser empleados como portainjertos en el manejo de esta plaga en la producción protegida de tomate en Cuba.

Para dar respuesta a la hipótesis se planteó el siguiente **Objetivo general:**

Identificar genotipos de tomate resistentes a una población autóctona de *Meloidogyne incognita* raza 2, con cualidades agronómicas favorables para ser empleados como portainjertos en el Manejo Integrado de Nematodos en el cultivo de tomate protegido.

Objetivos específicos:

1. Seleccionar genotipos de solanáceas resistentes a *Meloidogyne incognita* raza 2, para ser empleados como potenciales portainjertos del cultivo del tomate.
2. Determinar en la fase de plántula, la compatibilidad portainjerto-injerto de los genotipos seleccionados.
3. Evaluar el comportamiento agronómico de plantas de tomate injertadas sobre portainjertos resistentes a *Meloidogyne incognita* raza 2, en condiciones de cultivo protegido.
4. Comprobar en condiciones de cultivo protegido la resistencia a *M. incognita* raza 2 de portainjertos seleccionados.

Novedad científica: Se identificaron genotipos de tomate, por primera vez en Cuba, como portainjertos con atributos de resistencia a una población autóctona de *Meloidogyne incognita*

raza 2 y elevada compatibilidad con el híbrido comercial de tomate ‘HA 3105’. Se demostró que la adecuada combinación portainjerto-injerto seleccionada, permitió un satisfactorio crecimiento, desarrollo y producción competitiva del cultivo. Se identificaron nuevas fuentes de resistencia a *Meloidogyne incognita* raza 2, presentes en dos genotipos de solanáceas silvestres. Se informó por primera vez en Cuba, la expresión de inmunidad de *Datura stramonium* L. y la alta resistencia de *Solanum erianthum* D. Don a esta plaga.

Importancia teórica: Se informaron las potencialidades de las especies silvestres y genotipos cultivados estudiados de la familia *Solanaceae*, como fuentes de resistencia a una población autóctona de *M. incognita* raza 2 en las condiciones de Cuba, lo que contribuye a elevar el conocimiento de su uso potencial para el manejo de nematodos. Se identificaron genotipos de tomate como potenciales portainjertos de este cultivo. Se modificaron las bases teóricas de la metodología de injerto herbáceo vigente en el cultivo del tomate en Cuba.

Importancia práctica: Se puso a disposición de los productores la metodología de injerto herbáceo en el cultivo del tomate, con sus nuevas modificaciones, aplicada, en los Centros de Injerto Herbáceo de las Empresas de Cítricos Ceiba de Artemisa y Ceballos de Ciego de Ávila, para su inclusión en las nuevas estrategias de Manejo Integrado de Nematodos en la producción de tomate bajo condiciones protegidas en el país. Se validó en el sistema de cultivo protegido en Cuba, el cultivar ‘Rossol’ como portainjerto de tomate del híbrido ‘HA 3105’, fundamentado en su resistencia a *M. incognita* raza 2, alta productividad y factibilidad económica. Se promueve la utilización del portainjerto ‘Motelle’, debido a su resistencia a *M. incognita* raza 2, compatibilidad con el híbrido ‘HA 3105’ y adecuado rendimiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen, domesticación, taxonomía e importancia económica del tomate

El centro de origen del tomate, (*Solanum lycopersicum* L.), se localiza en la región andina de Sur América que se extiende desde el Ecuador al norte de Chile, a excepción de las subespecies *Solanum cheesmaniae* (L. Riley) Fosberg y *Solanum galagense* S. Darwin y Peralta, que son endémicas de las Islas Galápagos (Darwin *et al.*, 2003). Numerosas especies silvestres se encuentran en esta área, como fuentes importantes de variabilidad y reservorio de genes con características disponibles para la mejora del tomate cultivado (Peralta y Spooner, 2005).

Un conjunto de hechos históricos, lingüísticos y arqueológicos, están a favor de México como centro de domesticación y lugar desde el cual se llevó el tomate al Viejo Mundo (Jenkins, 1948). El ancestro más parecido al tomate cultivado es el “tomate cereza” silvestre (*Solanum lycopersicum* var. ‘*cerasiforme*’), distribuido en México, Colombia, Bolivia, otros países de Sur América y en los trópicos de todo el mundo (Causse *et al.*, 2000; Quiróz, 2001; Peralta *et al.*, 2005).

La difusión del tomate en el Viejo Mundo transcurrió en el siglo XVI, acompañada de creencias infundadas sobre su toxicidad, pero la capacidad adaptativa de la planta a una amplia gama de condiciones climáticas y edáficas, junto a sus cualidades gustativas, hicieron que hoy se cultiven diversas variedades (Nuez, 1995).

El tomate es un miembro de la familia *Solanaceae*. Inicialmente fue incluido desde el año 1753 por Linneo en el género *Solanum*; sin embargo, hasta el año 2005 se adoptó la clasificación propuesta por Miller desde 1754, que lo ubicó en el género *Lycopersicon*.

Recientemente el género *Lycopersicon* cambió de categoría taxonómica y se incluyó en la sección *Lycopersicon* del género *Solanum* descrito por Peralta *et al.* (2006).

El tomate es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia comercial en el mundo y el segundo dentro del género *Solanum* después de la papa, debido a su papel fundamental en los hábitos alimenticios de amplia parte de la población mundial, tanto por su consumo fresco como procesado. Es una importante fuente de minerales como potasio, magnesio, calcio vitaminas: B1, B2, B3, B5 y C; carotenoides como β -caroteno y licopeno, principal antioxidante de alto valor nutricional con función protectora del organismo humano (Gómez *et al.*, 2000; Díez y Nuez, 2008; Gebhardt y Thomas, 2012).

Internacionalmente se informa una superficie anual de tomate cultivado de 4 803 680 ha, con una producción de 161 793 834 t y un rendimiento promedio de 33,68 t.ha⁻¹. Los principales países productores son China, India, Estados Unidos de América, Turquía, Egipto, Irán, Italia, Brasil, España, México y Uzbekistán, entre otros. China es el mayor productor, con el 85% del volumen de las exportaciones (FAOSTAT, 2013).

En Cuba, esta solanácea ocupa alrededor del 30% de la superficie destinada al cultivo de las hortalizas, con 43 589 ha, una producción de 494 432 t y rendimiento promedio a campo abierto de 11,34 t.ha⁻¹. Comparado con el resto de los países del Caribe, Cuba se ubica en el primer lugar en superficie cosechada y producción total obtenida y en el décimo por su rendimiento promedio (FAOSTAT, 2013). Sin embargo, al igual que en la gran mayoría de los países tropicales, su rendimiento continúa siendo bajo, debido al efecto negativo que ejercen los factores climáticos y la incidencia de plagas en el cultivo (Morales, 2010).

El tomate es susceptible a más de 200 fitopatógenos de orígenes fúngico, bacteriano, viral y nematodos, considerándose un buen hospedante a esta última plaga, en los sistemas de

producción a campo abierto y cultivo protegido en diversos países productores del mundo (Luc *et al.*, 2005; Fernández, 2007; Duca *et al.*, 2012).

2.2. Producción de tomate bajo condiciones protegidas

La producción de hortalizas bajo condiciones protegidas generó un impacto económico importante a nivel mundial en los últimos años, por su incremento en superficie, productividad, rentabilidad y calidad del producto. Una de las especies de mayor rentabilidad es el tomate y su rendimiento depende del cultivar, tipo de instalación e interés comercial (Jaramillo *et al.*, 2006).

La superficie mundial de hortalizas bajo cultivo protegido supera las 458 000 ha. Las mayores superficies cultivadas se localizan en el sureste asiático, China (200 000 ha) y Corea (27 000 ha), seguida de la cuenca mediterránea donde se destacan España (48 749 ha), Italia (27 731 ha), Turquía (14 000 ha), Marruecos (10 000 ha) y Francia (9 200 ha) según De León (2009).

En Almería (España) se localiza una de las mayores concentraciones de invernaderos del mundo. Es notable el cultivo del tomate con un 90% de la producción y un rendimiento anual de 300 t.ha⁻¹ (Ortíz, 2012).

La tecnología del cultivo protegido del tomate, se encuentra difundida en Centro y Sur América, como una tecnología promisorio para lograr extender los calendarios de producción y obtener alta productividad y calidad de esta hortaliza durante todo el año. Es una técnica que fue implementada para modificar las condiciones edafoclimáticas desfavorables y reducir las pérdidas ocasionadas por las plagas del tomate en esta región (Morales, 2010; Goycoolea, 2012).

En Cuba existen 167 ha de cultivo de tomate protegido, donde esta hortaliza ocupa alrededor del 60% de la superficie cultivada en la época de primavera-verano y el 40% en la época

óptima o de invierno, para las cuales se planifican rendimientos entre 50–60 y 80–100 t.ha⁻¹, respectivamente (GEF, 2014).

Los principales avances en la producción protegida de tomate en Cuba fueron favorecidos por la introducción de híbridos F1 de alta productividad, calidad del fruto y resistencia simultánea a diversos patógenos, conjuntamente con el manejo agronómico, el fertirriego y la aplicación de alternativas de manejo integrado de plagas, que permitieron incrementar la producción (Casanova *et al.*, 2007; Hernández, 2009).

Entre las principales perspectivas de la tecnología de cultivo protegido de hortalizas en Cuba, está previsto el incremento de más de 100 ha de cultivo en el año 2015, para dar respuesta a las crecientes demandas del turismo internacional. El tomate se encuentra entre los trece productos agrícolas más solicitados por este sector, con una demanda anual superior a las 2 000 t (Rodríguez, 2015).

2.3. Género *Meloidogyne* Goeldi. Características generales y daños en el cultivo del tomate

Los nematodos agalleros (*Meloidogyne* spp.) están considerados entre los de mayor importancia económica en el mundo, caracterizados por su amplia gama de hospedantes y las peculiares relaciones que establecen con las plantas. El sistema de clasificación taxonómica del género *Meloidogyne* inicialmente fue descrito por Goeldi (1892). La clasificación vigente, dada por De Ley y Blaxter (2002) se señala a continuación:

Phylum *Nematoda* Pott, 1932; **Clase** *Chromadorea* Inglis, 1983; **Subclase** *Chromadoria* Pearse, 1942; **Orden** *Rhabditida* Chitwood, 1933; **Suborden** *Tylenchida* Thorne, 1949; **Infraorden** *Tylenchomorpha* De Ley y Blaxter, 2002; **Superfamilia** *Tylenchoidea* Örley, 1980; **Familia** *Meloidogynidae* Skarbilovich, 1959; **Subfamilia** *Meloidogyninae*, Skarbilovich, 1959; **Género** *Meloidogyne* Goeldi, 1892

Dentro del género *Meloidogyne*, se describieron más de 100 especies que comprenden 89 especies nominales, 13 sinónimos y cuatro especies *inquirendae*. Las especies más frecuentes y difundidas en áreas agrícolas de todo el mundo son: *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood; *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood; *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood y *Meloidogyne hapla* (Chitwood) (Sasser *et al.*, 1983; Castagnone-Sereno *et al.*, 2001; Karssen y Moens, 2006).

La especie *M. incognita* abunda tanto en climas tropicales como templados, mientras que *M. javanica* es más común en condiciones tropicales. *Meloidogyne arenaria* es frecuente en climas tropicales y subtropicales. *Meloidogyne hapla*, predomina en regiones templadas, aunque también puede encontrarse en zonas altas del trópico (Trudgill y Blok, 2001; Rodríguez *et al.*, 2005; Sikora y Fernández, 2005).

Otra especie informada en varios países y considerada plaga emergente es *Meloidogyne enterolobii* Yang y Eisenback (syn. jun. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah y Hirschmann). Esta prevalece tanto en cultivos perennes como temporales, afectando hortalizas, principalmente tomate y cucurbitáceas (Carneiro *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2007; Borges *et al.*, 2009 b; Magrinelli, 2010; De Melo *et al.*, 2011).

El género *Meloidogyne* infesta a más de 3 000 especies de plantas, siendo *M. incognita*, causante de considerables daños en la mayoría de las hortalizas, raíces, tubérculos, frutales, plantas ornamentales y flora arvense (Abad *et al.*, 2003; Fuller *et al.*, 2008). Son afectados por esta especie diversos cultivos de importancia económica como: caña de azúcar (*Saccharum* spp.); café (Coffea arabica L.); tabaco (*Nicotiana tabacum* L.); algodón (*Gossypium hirsutum* L.); maíz (*Zea mays* L.); papa (*Solanum tuberosum* L.); tomate (*Solanum*

lycopersicum L.) y plátano (*Musa* spp.) según Fernández *et al.* (2001); Sikora y Fernández, (2005) y Rodríguez *et al.* (2009).

Los nematodos formadores de agallas son parásitos biotróficos obligados, que se alimentan de las células de las plantas vivas. Tienen simetría bilateral, un tamaño microscópico que varía de 0,5 mm a 1,5 mm y un marcado dimorfismo sexual, el macho es vermiforme y activo y la hembra piriforme (Decraemer y Hunt, 2006; Khanzada *et al.*, 2012). Son organismos poikilotérmicos, por tanto la temperatura influye sobre su reproducción en la planta y sobrevivencia en el suelo. Se consideran enemigos ocultos o invisibles del agricultor, por su tamaño microscópico, que impide visualizarlos directamente en el campo y debido a que sus principales afectaciones se presentan en las partes subterráneas de las plantas como son raíces, cormos y tubérculos (Fernández, 2007; Gómez, 2007).

El síntoma más común que provoca el género *Meloidogyne* en las plantas es la presencia de agallas, nódulos o nudos producidos en las raíces infestadas. Provocan lesiones y podredumbres radicales que dan lugar a marchitez, clorosis y deficiencias nutricionales en el sistema aéreo. Actúan además, en complejos etiológicos que involucran hongos, bacterias y virus que incrementan los daños a los cultivos (Moens *et al.*, 2009; Verdejo-Lucas *et al.*, 2013).

Los nematodos del género *Meloidogyne* se encuentran entre las plagas más importantes del cultivo del tomate a nivel mundial, los que provocan pérdidas en los rendimientos entre 28 y 68% (Pakeerathan *et al.*, 2009). En las regiones tropicales y subtropicales esta plaga afecta las plantaciones tradicionales de tomate a campo abierto, donde se informaron mermas en sus producciones entre 24 y 33% (Langlais y Ryckewaert, 2002; Sikora y Fernández, 2005).

En Cuba, se informó la presencia de *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*; sin embargo, *M. incognita*, es la especie más diseminada en todas las provincias del país, asociada a un gran número de cultivos, con la presencia de las razas 1, 2 y 3, de las cuales la más común es la 2 (Fernández *et al.*, 1998). Las especies de *Meloidogyne* constituyen una de las más serias amenazas en los sistemas de producción intensiva de hortalizas a campo abierto, donde se estimaron pérdidas en el cultivo del tomate de un 20% en el oriente del país (Stefanova y Fernández, 1995).

2.3.1. Nematodos formadores de agallas del género *Meloidogyne* Goeldi en la producción de tomate bajo condiciones protegidas

En diversos países, las especies de *Meloidogyne* afectan al cultivo del tomate en aquellos sistemas de producción donde se usan tecnologías más modernas como invernaderos, túneles e hidropónicos, entre otros (Queneherve *et al.*, 2001, Rodríguez, 2003, Rosales *et al.*, 2009).

En países de la región Mediterránea como España, Italia, Francia, Marruecos y Turquía, es una de las plagas que más afecta el rendimiento en el cultivo protegido del tomate (Melgarejo *et al.*, 2010). En invernaderos de Almería (España), están presentes *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*, con predominio de esta última (Flor-Peregrín *et al.*, 2012; Verdejo-Lucas *et al.*, 2013)

El tomate es una de las especies más susceptibles a los nematodos formadores de agallas en la producción protegida de hortalizas de la región tropical, donde se informaron, por su causa, pérdidas en el rendimiento del tomate entre un 25 y 50% en invernaderos de México y Guatemala (Revelo, 2006; Cosme, 2010).

En los sistemas de producción protegida de hortalizas en Cuba, no se cuenta con estadísticas acerca de los daños provocados por los nematodos; sin embargo, fue señalado por Gómez *et*

al. (2009) que *Meloidogyne* spp. constituye el principal problema fitosanitario del cultivo del tomate. Adicionalmente el Grupo Nacional de Cultivo Protegido desde el año 2002 informó que el 75% de las instalaciones, presentaban problemas con nematodos, el 90% de ellas tenían niveles de infestación correspondientes a los grados 4 y 5 de acuerdo a la escala utilizada por el Sistema Nacional de Sanidad Vegetal (Gómez *et al.*, 2009).

En el sistema de cultivo protegido de hortalizas en el país, se informó la presencia de *M. incognita* y *M. arenaria* cohabitando simultáneamente en un mismo suelo y/o plantas, sin embargo, la especie más distribuida fue *M. incognita*, apareciendo en todas las provincias, con una abundancia relativa del 81,5% de los especímenes examinados (Gómez, 2007).

Los factores relacionados con la situación nematológica en la producción protegida de hortalizas en Cuba son diversos. Se destacan entre ellos, el cultivo intensivo con secuencia inadecuada de rotación, debido a la utilización de plantas de una misma familia botánica o con semejante susceptibilidad a nematodos; la existencia de condiciones climáticas idóneas para su desarrollo, la carencia de híbridos resistentes a las poblaciones cubanas de *Meloidogyne* spp. y la falta de disciplina tecnológica (Gómez *et al.*, 2009).

Al respecto, Navarro- Barthelemy *et al.* (2009) señalaron que el uso repetido de cultivos susceptibles en la producción protegida de hortalizas, contribuye al aumento de las poblaciones de *Meloidogyne* spp. y proporciona la disminución en los períodos de vida útil de las plantaciones, con mermas considerables en los rendimientos. Adicionalmente plantearon que los genotipos evaluados no deben ser plantados en instalaciones de producción protegida de hortalizas con suelos infestados por nematodos, sin antes establecer alternativas de manejo que disminuyan las poblaciones de esta plaga.

2.3.2 Alternativas para el manejo de *Meloidogyne* spp. en el sistema de cultivo protegido del tomate en Cuba

El manejo de esta plaga es complejo debido a su amplio rango de hospedantes, la aparición de especies y razas virulentas cohabitando en un mismo cultivo y la presencia de condiciones climáticas adversas, incluyendo rangos extremos de temperatura que favorecen la reproducción de *Meloidogyne* spp. en dichos sistemas agrícolas (Rodríguez y Hernández-Ochandía, 2014). Por ello es necesario buscar alternativas ambientalmente seguras y económicamente viables, que contribuyan a disminuir las poblaciones de nematodos en estos sistemas de producción (Rodríguez *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2012).

Internacionalmente diversas alternativas fueron utilizadas con éxito en los sistemas de producción protegida de hortalizas, para la reducción o eliminación del uso de plaguicidas químicos, entre ellos el BM (Tello, 2011; Caponiero, 2013). Entre las principales tácticas se encuentran aquellas que representan medidas culturales, físicas, biológicas, legales y fitogenéticas, entre otras (FAO, 2008).

A finales de la década del 80, se iniciaron en Cuba estudios sobre estrategias de manejo integrado de plagas para la sustitución del BM, con el uso de diversas tácticas (Fernández, 2007; Vázquez, 2012). Las principales tácticas utilizadas para el manejo de *Meloidogyne* spp. en el sistema de cultivo protegido del tomate en Cuba se brindan a continuación:

La rotación de cultivos, es una de las prácticas agronómicas más antiguas para el manejo de los nematodos en la producción de hortalizas a campo abierto, fue difícil de implementar en los sistemas de producción protegida de hortalizas, pues los cultivos se producen en un área determinada y se cultivan un reducido número de especies, que en su mayoría, son susceptibles a *Meloidogyne* spp. (Rodríguez *et al.*, 2005; Fernández y Vázquez, 2011).

Otra valiosa opción es el laboreo adecuado de los suelos, que integre prácticas de araduras profundas (25-30 cm) con inversión del prisma. Esta fue una de las medidas iniciales para disminuir el índice de infestación por nematodos en los suelos de los sistemas de producción protegida de hortalizas en Cuba y se debe aplicar en función del grado de infestación de los mismos (Fernández, 2000; Vázquez, 2007).

La biodesinfección del suelo es una de las alternativas agronómicas más novedosas desde el punto de vista científico para el manejo de nematodos en sustitución del BM. Se basa en la producción de sustancias volátiles que actúan como biofumigantes mediante la descomposición de materiales orgánicos, abonos verdes o desechos agroindustriales (Bello *et al.*, 2002; Tello, 2002; Bello *et al.*, 2003 Lizazo *et al.*, 2011). En Cuba, esta práctica desarrollada por Díaz-Viruliche (2000), se evaluó en la producción protegida de tomate, donde se constató, una reducción del índice de infestación de *M. incognita*, con la aplicación de restos de col (*Brassica oleracea* L.) o brócoli (*Brassica oleracea* var. 'Italica' L.), así como la utilización de estiércol vacuno semi-descompuesto (Gómez *et al.*, 2006; 2010).

En el diseño de las unidades de los sistemas de cultivo protegido de hortalizas en Cuba, se recomienda la necesidad de adoptar, como una de las medidas de manejo para nematodos, la implementación de zanjas de drenaje en el campo y la protección externa e interna de la zona inferior de las instalaciones mediante zócalos, para reducir la diseminación de los nematodos, al minimizar la escorrentía y la entrada de agua pluvial proveniente de cultivos colindantes (Aranguren, 2013).

El manejo de los restos de cosechas, incluida las raíces, es otra práctica agronómica que se recomienda al finalizar cada ciclo productivo del cultivo y consiste en la extracción y observación de las raíces de cada planta de tomate, para estimar su índice de agallamiento.

Esta acción permite a los productores, tomar decisiones en cuanto a las medidas a aplicar según el grado de infestación estimado en sus instalaciones. Los restos de raíces de las plantas se deben sacar fuera de la casa de cultivo y destruirlos o incinerarlos lejos de su perímetro, con el fin de disminuir las fuentes de inóculo (Rodríguez *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2009).

El control fitogenético, es una práctica muy utilizada en los sistemas de cultivo protegido de hortalizas en diferentes zonas del mundo, entre ellas Cuba. Actualmente diversos cultivares comerciales de tomate tienen incorporado el gen *Mi*; sin embargo, su expresión disminuye o se anula, cuando las temperaturas del suelo sobrepasan los 28°C. En estas condiciones, el nematodo se reproduce en las plantas resistentes igual que en las susceptibles. (Devran y Sögüt, 2010; Abdella, 2012).

Según Raymond y Van Daelen (1995) la resistencia a nematodos de agallas del género *Solanum* fue informada por numerosos autores y descubierta por Bailey en 1941, en la especie silvestre *L. peruvianum*, la que está determinada por un gen simple denominado “*Mi*”, localizado en el cromosoma 6. Este gen confiere resistencia a tres de las especies más dañinas (*M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*) y el mismo fue transferido por cruzamiento *in vitro* a *L. esculentum*, mediante cultivo de embriones, por Smith en 1944 (Jaquet *et al.*, 2005).

La resistencia es un término en nematología utilizado para describir exclusivamente el efecto de la planta hospedante sobre la reproducción del nematodo. Se considera que una planta es resistente cuando inhibe la reproducción del nematodo. Esta inhibición puede ser total o parcial. Por el contrario, un cultivo es susceptible cuando permite la libre reproducción de los nematodos en sus tejidos (Cook y Evans, 1987).

No todos los cultivos responden de la misma manera hacia una población de nematodos, existen cultivares que manifiestan niveles de tolerancia. Este término, no es un tipo de

resistencia, el mismo hace referencia al daño que sufre la planta ante poblaciones de nematodos. Una planta tolerante sufre poco daño, incluso cuando está infestada por niveles altos del nematodo (Starr *et al.*, 2002).

Por otra parte se informó, que en la mayoría de los casos, la resistencia a los nematodos tiene un carácter oligogenéticamente heredado por lo que muchas de las líneas resistentes están en condiciones patológicamente vulnerables (Starr *et al.*, 2002).

Muchos de los genotipos de tomate que se utilizan en Cuba en los sistemas protegidos de hortalizas, son híbridos foráneos con genes de resistencia a *Meloidogyne* spp. (gen *Mi*); pero su uso intensivo, generalmente sin la aplicación de medidas de manejo, mostraron desaciertos frente a la variabilidad patogénica de las especies de esta plaga (Gómez *et al.*, 2009).

Al respecto, Gómez *et al.* (2012), señalaron que los híbridos foráneos de tomate ‘HA 8476’, ‘HA 3063’ y ‘ARO 8484’, evaluados en el sistema de producción protegida fueron susceptibles ante diferentes niveles poblacionales de *M. incognita* raza 2 y establecieron correspondencia entre los niveles poblacionales crecientes de esta especie en el suelo y la disminución de la altura de las plantas. El crecimiento de todos los genotipos se afectó por la presencia del nematodo.

La solarización es una alternativa física experimentada en Cuba con grandes posibilidades para la desinfección de los suelos y sustratos en sistemas de cultivos protegidos de hortaliza (Vázquez *et al.*, 2005). Se basa en un proceso hidrotérmico que tiene lugar en el suelo húmedo, que debe estar bien mullido en los primeros 25-30 cm de profundidad y tapado con una lámina de polietileno transparente, durante la época de mayor incidencia solar. La utilización adecuada del método incrementa la temperatura del suelo a niveles letales para *M.*

incognita, a los 45 días de exposición, situación en Cuba que coincide con los meses de julio y agosto (Pérez-Montesbravo *et al.*, 2012 c).

La tecnología de cultivo sin suelo, con el empleo de la zeolita cubana, fue la principal alternativa al BM en la unidad de cultivo protegido de hortalizas de la Empresa Citrícola “Victoria de Girón”, Matanzas (Moreno, 2011). Se estableció para reducir los problemas fitosanitarios causados por los nematodos, por cuanto, el 29% de las casas de cultivos de esta Empresa, estaban infestadas por *Meloidogyne* spp.. La implementación de esta tecnología proporcionó incrementos en la producción, calidad y precocidad del cultivo del tomate (Muiño *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2012).

El empleo de cultivos de ciclo corto como la lechuga (*Lactuca sativa* L.), considerada como planta trampa y cosechada entre los 28 y 30 días después del trasplante, es capaz de extraer en sus raíces elevadas cantidades de fitonemátodos, interrumpiendo su ciclo biológico, por lo que fue recomendada como una alternativa en sistemas de rotación con cultivos resistentes a *M. incognita* en condiciones de producción protegida de hortalizas en Cuba (Cuadra *et al.*, 2000).

Sin embargo, estudios recientes mostraron que *M. incognita* raza 2 completó un ciclo biológico en solo 24 días (20-23°C), lo que sugirió nuevos cambios acerca del uso de plantas trampas en los cultivos protegidos de hortalizas. En este sentido señalaron que las plantas retiradas en unos 28 días, se convertirán en multiplicadoras de inóculo en el suelo (Hernández-Ochandía *et al.*, 2012).

El control biológico es una de las alternativas más utilizadas en Cuba para el manejo de *Meloidogyne* spp. en la producción protegida de hortalizas. Se demostró un efecto biorregulador de cepas de *Trichoderma harzianum* (Rifai) (cepas A-34 y A-53), *Trichoderma viride* (Pers), (cepa TS 3 y C-66) y *Trichoderma asperellum* (cepa Ta.90) (Strain),

respectivamente. (Stefanova, 2007; Stefanova y Vázquez, 2011; Hernández-Ochandía, 2014). Entre los productos bionematicidas que actualmente se utilizan se encuentran, HeberNem® *Tsukamurella paurometabola*, (cepa C 924) (Mena, 2006, 2007); KlamiC® *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare y Gams var. *catenulata*, (cepa IMI SD 187); THURISAVE 25 *Bacillus thuringiensis* (cepa LB T25) y NEMACID *Lecanicillium Lecanii* (Zare y Gams) (cepa 3166) (Gómez *et al.*, 2004; Hernández, 2008; Rivera., 2010; Hidalgo *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2012)

Otros microorganismos beneficiosos pueden representar opciones favorables en el manejo de *Meloidogyne* spp. en la producción protegida de hortalizas. En Cuba diversos autores sugirieron la aplicación de cepas nativas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) EcoMic® (Puertas *et al.*, 2006; Terry, 2007). Al respecto Hernández (2008) informó un efecto protector de *Glomus mosseae* (INCAM-2), sobre la raíz del cultivo del tomate, limitando la entrada de juveniles infestivos y la reproducción de *M. incognita*, lo que condujo a una disminución del 20% del índice de agallamiento e incrementos en el rendimiento de tomate.

En el cultivo protegido de hortalizas a nivel mundial, durante décadas, se realizó la aplicación de productos químicos para el manejo de los nematodos, uno de los más utilizados fue el BM; sin embargo, su empleo fue restringido o prohibido en muchos países, por sus efectos nocivos al ambiente, la salud humana y al deterioro de la capa de ozono (Barrés *et al.*, 2007; FAO, 2008). En Cuba el BM se erradicó en el año 2008 en varias ramas de la agricultura y paulatinamente fue sustituido por otros productos químicos, fundamentalmente el Dazomet (Basamid®) y 1,3 dicloropropeno+cloropicrina (Agrocelhone) (Muiño *et al.*, 2007; Pérez-Montesbravo *et al.*, 2012 b).

Otra alternativa desarrollada a escala internacional para el manejo de nematodos formadores de agallas *Meloidogyne* spp. en la producción protegida de hortalizas es el injerto herbáceo.

2.4 El injerto herbáceo en el cultivo del tomate

El injerto herbáceo se inició en países asiáticos en los años 60 del siglo pasado y en Europa en los 70, como alternativa fitotécnica efectiva para el manejo de plagas en los cultivos de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) y tomate. El origen del injerto en solanáceas surge a partir de las primeras investigaciones de Bravenboer en 1962 (Louvet, 1974; Miguel, 1997; Sakata *et al.*, 2007).

El injerto en el cultivo del tomate es una técnica común en países como Japón y Corea, donde su uso se generalizó en invernaderos sobre suelo y otros sustratos, con una producción anual de 500 y 156 millones de plántulas de tomate injertadas, respectivamente (Lee *et al.*, 2010; Fazla, 2012).

En España, el tomate es uno de los principales cultivos que se injertan, con producciones anuales de 40 millones de plántulas injertadas en semilleros especializados de Almería que se utilizan en unas 5 000 ha de tomate (Verdejo-Lucas *et al.*, 2012). La técnica de injerto en tomate se extendió en Francia, Italia, Bélgica, Alemania, Suiza, Grecia y Marruecos, donde se injertan unos 20 millones de plántulas de tomate (Corvi, 2013).

Varios países de América Central y Sur América adoptaron esta técnica en diferentes sectores agrícolas (Martínez *et al.*, 2011, Rodrigues *et al.*, 2012). En México existe una producción anual de 16 millones de plántulas de tomate injertadas, cultivadas en una superficie de 1 600 ha, mientras que en Chile se informa 8,5 millones de plántulas de tomate injertadas anuales que se emplean en unas 1 000 ha (Camacho, 2015).

En Guatemala, el 100% de la superficie de cultivo protegido de tomate para exportar, utiliza la técnica de injerto, para buscar la resistencia de las plantas a diferentes problemas que limitan su producción (Peña, 2008; Camacho, 2012; Fazla, 2012).

En Estados Unidos, el injerto herbáceo es de incorporación más reciente en los sistemas de cultivos hortícolas en invernaderos, donde el 70% de su producción se realiza en el cultivo del tomate injertado en sistemas de hidropónicos (Kubota *et al.*, 2008 b; Lee *et al.*, 2010).

Uno de los principales objetivos del injerto en tomate, es lograr prevenir o conferir resistencia a plagas del suelo, mediante portainjertos resistentes. Internacionalmente entre las principales plagas a combatir en el cultivo del tomate injertado bajo condiciones protegidas se encuentran: *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl emend. Snyder & Hansen, *Fusarium oxysporum f.sp lycopersici* (Saccardo) Snyder et Hansen, *Fusarium oxysporum f.sp radicle-lycopersici* Jarvis et Shoemaker, *Verticillium dahliae* Klebahn, *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berthold, *Pyrenochaeta lycopersici* Schneider et Gerlach, *Phytophthora parasitica* Dastur, *Clavibacter michiganense* subsp. *michiganensis* (Smith), *Ralstonia solanacearum* (= *Pseudomonas solanacearum*) (E. F. Smith) Yabuuchi y *Meloidogyne* spp. (Miguel, 2002; Miguel *et al.*, 2007; Rivard, 2006).

Para los sistemas de cultivo protegido de tomate sin suelo, el injerto obtuvo también gran auge con el objetivo de evitar problemas de *F. oxysporum f.sp radicle-lycopersici*, *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn; *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzpatrick, *Phytophthora* spp. y virosis como el *Tomato yellow mosaic virus* (ToYMV) (Baixauli y Aguilar, 2002; Tello, 2002; Contreras *et al.*, 2003; Lacasa, 2006).

Otras de las ventajas atribuidas al injerto en tomate son el incremento de los rendimientos en cultivares poco productivos, mediante la utilización de portainjertos que confieren mayor

vigor, rusticidad, precocidad, producción y mejora de la calidad del fruto (Gaytán *et al.*, 2008 Camacho, 2011 a; Ricárdez *et al.* 2011).

Además de contribuir al incremento de la producción y calidad del fruto, existen numerosos antecedentes en la bibliografía internacional sobre cómo los portainjertos, permiten al cultivo tolerar condiciones de estrés abiótico como por ejemplo, bajas o altas temperaturas, problemas de sequía, salinidad del suelo e inundaciones (Lee *et al.*, 1994; Rivero *et al.*, 2003 a, b; Estañ *et al.*, 2005; Dietmar *et al.*, 2010).

El injerto influye sobre aspectos fisiológicos, mediante la absorción y translocación de los iones en la planta, de hecho algunos cambios producidos en el cultivar están controlados por el portainjerto, a través del flujo, síntesis y translocación de agua, minerales y hormonas endógenas, que repercuten en el ahorro u optimización de nutrientes para favorecer el crecimiento, floración y mejorar los atributos de la calidad del fruto (Aloni *et al.*, 2010).

2.4.1. Métodos de injerto más utilizados para el cultivo del tomate

Los métodos de injertos empleados se realizan en la etapa de semillero, durante los primeros estadios de desarrollo de las plantas, con cotiledones expandidos y primeras hojas verdaderas formadas. En las solanáceas existen dos métodos básicos de injerto el de púa terminal y el de empalme. En ellos el brote del cultivar se une directamente sobre el portainjerto, sin conservar sus raíces (Miguel, 1997).

El injerto de púa terminal se realiza mediante un corte perpendicular al tallo del portainjerto entre 1,5 y 2 cm por encima de las hojas cotiledonales. Al tallo del portainjerto decapitado se le realiza una hendidura longitudinal del centro superior hacia abajo, hasta una profundidad de 0,8 a 1 cm. Al tallo del cultivar a injertar se le hace una púa con dimensiones de 0,8 a 1 cm, mediante un corte en bisel por encima de las hojas cotiledonales y se introduce la púa en la

hendidura del portainjerto. Para facilitar su unión se le coloca una pinza de sujeción o presilla plástica (Miguel *et al.*, 2007).

En el injerto de empalme se realiza un corte en bisel con un ángulo de 45°, tanto en la plántula del portainjerto como en la del cultivar. Los tejidos se unen y se fijan mediante una pinza de sujeción. Esta actividad se realiza del centro de la bandeja al extremo de la misma, para evitar dañar las plántulas cortadas e injertadas (Miguel *et al.*, 2007).

Las plántulas injertadas mediante ambos métodos pasan a la fase de cicatrización y se colocan en el interior de una cámara húmeda o microtúnel con temperatura de 25 ± 1 °C y humedad relativa entre 85-90%. La cámara se ventila a partir del tercer día después del injerto y se abre de forma definitiva a los siete días. Luego de la cicatrización de las plántulas injertadas, estas se colocan posteriormente en un área de aclimatación y transcurridos cinco días, adquieren solidez para ser trasplantadas al campo (Miguel *et al.*, 2007).

Para el cultivo del tomate, el método de injerto más difundido internacionalmente es el de empalme, debido a la viabilidad económica que supone al manipular la planta (rendimiento/hora/persona), mayores porcentajes de cicatrización y gran versatilidad (Camacho, 2011 b). No obstante, el injerto de púa terminal, a pesar de su laboriosidad, es un método muy utilizado en el cultivo del tomate en algunos países de América (Brest, 2011).

Existen experiencias en el cultivo del tomate, en las que se comprobó que las plantas injertadas por cualquier método, pueden tener un comportamiento agronómico y productivo similar, siempre que se garantice una buena unión y conexión entre los haces vasculares de las dos plantas (Rojas y Riveros 2001; Rivard y Louws, 2006; Miguel y Baixauli, 2007; Oda, 2007).

2.4.2. Características de los portainjertos para el cultivo del tomate

Desde sus inicios, el injerto en el cultivo del tomate se realizó sobre portainjertos híbridos interespecíficos obtenidos de cruzamientos de (*S. lycopersicum* y *Solanum habrochaites* S. Knapp y D. M. Spooner, así como de *S. lycopersicum* y *Solanum pipinellifolium* (Jusl.) Miller ó *S. chilense*) (Dunal) descritos en la tabla 1.

Tabla 1. Portainjertos comerciales utilizados en tomate y sus fuentes de resistencias.

Portainjertos interespecíficos	Firma comercial	ToYMV	Fol	For	V	M	Pl	Ff	Ps
(<i>S. esculentum</i> x <i>S. habrochaites</i>)									
Beaufort	De Ruiter Seeds	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
Maxifort	De Ruiter Seeds	+++	+++	+++	+++	+++			
Multifort	De Ruiter Seeds	+++	+++	+++	+++	+++		+++	
Optifort	De Ruiter Seeds	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
King Kong	Rijk Zwaan	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
Emperador	Rijk Zwaan	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
Big Power	Rijk Zwaan	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
Armstrong	Syngenta	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
Arnold	Syngenta	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
Superpro	Vilmorin	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
19ZS2011	Zseeds	+++	+++	+++	+++	+++	+++		+++
AK-875	Akira seeds	+++	+++		+++	+++	+++		
AK-876	Akira seeds	+++	+++		+++	+++	+++		
Morgan	Ramiro Arnedo		+++	+++	+++	+++	+++		
Brigeor	Gautier	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
Fundator	Clause	+++	+++	+++	+++	+++			
Eldorado	Enza Zaden	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
(<i>S. esculentum</i> x <i>S. habrochaites</i>) x <i>S. esculentum</i>									
Resistar	Hazera	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
(<i>S. esculentum</i> x <i>S. pimpinellifolium</i>)									
Spirit	Nunhems	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
Portainjertos intraespecífico									
(<i>S. esculentum</i>)									
Groundforce	Sakata	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
TM 00089	Sakata		+++	+++	+++				+++
Suketto	Agriset	+++	+++	+++	+++				+++
Mogeor	INRA	+++	+++	+++	+++		+		
Kindia	Vilmorin	+++	+++	+++	+++		+		
Energi	Vilmorin	+++	+++	+++	+++		+		
PSF	Peto	+++	+++	+++	+++				
PG1, PG2	De Ruiter Seeds	+++	+++	+++	+++				

+++Muy resistente;+ Tolerante; ToYMV: *Tomato yellow mosaic virus*; Fol: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* razas 0, 1, 2, 3 ; For: *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*; V: *Verticillium* (Va: *Verticillium albo-atrum*; Vd: *Verticillium dahliae*); M: *Meloidogyne* spp. (Mi, Ma, Mj); Pl: *Pyrenochaeta lycopersici*; Ff: (*Cladosporium fulvum* Sin .*Fulvia fulva* (Cke) Ciferri); Ps: *Pseudomonas syringae*; *Ralstonia* (= *Pseudomona solanacearum*). Fuente: Miguel *et al.* (2007); Camacho (2011 b).

Entre los portainjertos comerciales más utilizados en la producción de tomate en invernadero en Europa y Centro América se encuentran: ‘Maxifort’, ‘Beaufort’ y ‘Multifort’, debido a su prominente resistencia a plagas, gran compatibilidad para injertar y elevado vigor (McAvoy, 2005; Ricárdez *et al.*, 2008; Miguel, 2011).

Otros nuevos portainjertos como ‘King Kong’, ‘Emperador’, ‘Armstrong’ y ‘Arnold’ son muy utilizados en cultivos protegidos en Almería (España) México, Guatemala y Chile donde ofrecen posibilidades para cultivar mejor y durante más tiempo, así como proporcionan resistencia y/o tolerancia a plagas del suelo, elevada capacidad para mejorar el vigor, la producción y la calidad del fruto (Rijk, 2007; SEAGRO, 2012; Camacho, 2015).

Los portainjertos utilizados a nivel comercial, son importados de regiones con condiciones edafo-climáticas diferentes a las de Cuba, lo que supone una limitante para la expresión de la resistencia (Louws *et al.*, 2010). En los países de clima tropical, como Cuba, la situación es compleja debido a la existencia de una mayor diversidad de géneros, especies y razas de nematodos, que generalmente poseen ciclos de vida más cortos y con más generaciones, donde el cultivo recibe mayor presión de la plaga, por lo que resulta importante evaluar dichos genotipos frente a las poblaciones autóctonas (Starr *et al.*, 2002)

2.4.3. Interacción portainjerto-injerto durante el proceso de unión

Las modificaciones del comportamiento del cultivar injertado por efecto del portainjerto, se pueden producir por reacciones de incompatibilidad. Existen especies que tienen una relación estrecha y se unen con facilidad, mientras otras, que se relacionan entre sí, son incapaces de unirse y hay una gradación intermedia de plantas que forman el tejido de callo o cicatrización, pero con el tiempo muestran síntomas de desarreglos en la unión o en su hábito de crecimiento (Hartmann *et al.*, 2002).

Una condición importante para el éxito del injerto es la afinidad taxonómica entre las plantas. Las probabilidades de éxito del injerto se incrementan, cuando existe entre las especies afinidad morfológica, anatómica y fisiológica y los haces conductores de las dos plantas tienen diámetros semejantes, habrá un adecuado funcionamiento y analogía de su savia (Miguel y Cebolla, 2005; Miguel *et al.*, 2007).

La afinidad puede definirse como la facultad existente entre dos partes vegetales, para que puedan unirse y lograr la soldadura de los tejidos, al poner en contacto el tejido de cambium del portainjerto y el injerto. La compatibilidad al igual que la afinidad dependen del parentesco botánico de las plantas que se injertan y comprende las características que determinan la permanencia de la unión del injerto a través del tiempo (Hartmann *et al.*, 1990).

La compatibilidad del injerto está determinada por un sistema de reconocimiento y eventos celulares. Los factores implicados son: componentes de las paredes celulares (pectinas) que establecen una unión mecánica entre las superficies de las células; la formación de organelos intercelulares (plasmodesmo secundario), implicados en el transporte de macromoléculas (proteínas y ácidos nucleicos), en el desarrollo de conexiones vasculares funcionales, en el contacto simplástico entre células y en el mecanismo de señalización de las plantas. Además se ve favorecida por la presencia de auxinas, hormonas reguladoras endógenas que inducen la diferenciación vascular y la síntesis de enzimas peroxidasa con importante función en el proceso de lignificación celular (Pina y Errea, 2005; Aloni *et al.*, 2010).

La incompatibilidad se refiere a la incapacidad de unir el portainjerto-injerto y la carencia de un crecimiento normal de la planta injertada. La incompatibilidad entre portainjerto e injerto causa trastornos fisiológicos, disminución del rendimiento, baja calidad de los frutos e incluso el colapso de las plantas (Edelstein *et al.*, 2004).

También se caracteriza por un alto porcentaje de fallos en el injerto, enrollamiento y amarillamiento del follaje, defoliación, muerte prematura de la planta, diferencia en la tasa de crecimiento entre portainjerto e injerto, desarrollo excesivo de la unión, acumulación de asimilados en la zona superior al injerto que provocan disminución en el flujo de agua y sustancias hacia la raíz, así como ruptura por la unión del injerto (Miguel *et al.*, 2007).

Existen dos tipos de incompatibilidad: la localizada, es aquella que se produce exclusivamente en la zona de contacto entre el portainjerto y el injerto, cuyo síntoma principal es la débil unión mecánica, caracterizada por una interrupción en la continuidad de los tejidos vasculares, necrosis en la interfase de unión portainjerto-injerto y produce un lento desarrollo de las partes vegetativa de las plantas (Miguel *et al.*, 2007).

La incompatibilidad translocada, se distingue por la degeneración del floema y se manifiesta con una línea de color pardo o zona necrótica en el injerto. En ésta se presentan dificultades para el movimiento de los carbohidratos y se liberan compuestos tóxicos que conducen a la muerte de la planta (Luc *et al.*, 1996; Miguel *et al.*, 2007).

2.4.4. Portainjertos de tomate para el manejo de *Meloidogyne* spp. en el sistema de cultivo protegido

Los portainjertos de tomate resistentes, portadores del gen *Mi*, son eficaces para el manejo de nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* y se pueden cultivar en suelos infestados sin que se produzca una reducción significativa del rendimiento del cultivo (Sorribas *et al.*, 2005; Rivard *et al.*, 2010).

De igual manera Mitidieri (2009), observó que las plantas de tomate injertadas presentaron menor incidencia de nematodos en invernaderos y se produjeron incrementos del rendimiento

del cultivo, cuando se utilizó como portainjerto el híbrido ‘Heman’, proveniente de *S. lycopersicum* × *S. habrochaites*.

En estudios previos se demostró la efectividad de la resistencia del gen *Mi* en el portainjerto de tomate ‘SC 6301’ en condiciones de invernadero en España, con una reducción entre 58-65% de la densidad poblacional de *M. javanica* (Verdejo-Lucas y Sorribas, 2008).

El uso de portainjertos resistentes se incrementó en Italia y Francia, como respuesta a la problemática fitopatológica del tomate. Empresas comercializadoras italianas como Vilmorin y Sementi, proporcionaron portainjertos resistentes a *Meloidogyne* spp. (Ioannou, 2001; Morra y Bilotto, 2001). También el AVRDC en Taiwán, recomendó el uso de injertos de tomate sobre líneas de berenjenas, informando resistencia a *M. incognita*, marchitez bacteriana, *Ralstonia* (= *P. solanacearum*) y *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Black *et al.*, 2003).

La búsqueda de nuevos portainjertos generó la evaluación de genotipos híbridos comerciales o de distintas especies silvestres emparentadas con el tomate, que poseen tolerancia o resistencia a los fitonematodos, aunque algunos presentan dificultades en su tasa de germinación (Cap *et al.*, 2012 a, b; Piris *et al.*, 2012). La posibilidad de utilizar especies silvestres disponibles en diversos países, permitió ampliar el espectro de genes de resistencia para enfrentar el ataque de diversos patógenos (Timmermans, 2005).

Al respecto, se identificaron en Brasil y Argentina varias solanáceas silvestres como *Solanum asperolanatum* (Ruiz y Pav), *Solanum stramonifolium* (Jacq), *Solanum paniculatum* L., *Solanum subinerme* (Jacq) y *Solanum sisymbriifolium* (Lam), dotadas de resistencia a *Meloidogyne* spp. y *Nacobbus aberrans* (Thorne & Allen) (Mendoza *et al.*, 2009 y Mitidieri, 2011). De igual manera, en España se injertaron tomate sobre *Solanum torvum* Sw (Nee),

Solanum toxicarium (Rich), *Solanum indicum* L. (Roxb) y *S. symbriifolium* para reducir poblaciones de *Meloidogyne* spp. (Camacho, 2011b y Miguel *et al.*, 2012).

2.4.5. Perspectivas y consideraciones económicas en la producción de plántulas injertadas

El costo de la utilización de especies herbáceas injertadas en la producción comercial se percibe como una limitante para la amplia adopción de esta técnica. Los precios de las semillas de los portainjertos e injertos, el costo de la labor de injerto y post-injerto son considerados los factores de mayor influencia sobre el precio de las plántulas injertadas, cuyos valores varían de acuerdo al cultivo y país donde se producen. En EEUU, Japón y Corea se informó que los precios oscilan entre (0,4–1,2 \$), en España, así como otros países de Europa de 0,6 a 1,0 € (Lee, 2008; Lee *et al.*, 2010; Camacho, 2011 b).

Los métodos de injerto fueron mejorados a lo largo de las últimas décadas para lograr una mayor calidad. Aunque actualmente se desarrollaron máquinas automáticas y semi-automáticas de injertar, así como robots con una alta eficiencia, que realizan hasta 1 200 injertos por hora y múltiples funciones. Sus altos precios limitan su uso en numerosos países (Kubota *et al.*, 2008 a).

A nivel internacional nuevas perspectivas de trabajo se avizoran para la producción de plántulas de tomate injertadas, entre ellas se destacan el desarrollo de programas locales de mejoramiento genético en portainjertos de tomate, con el propósito de colocar la tecnología a disposición de pequeños productores, minimizar los precios de las semillas y de las plántulas injertadas, así como reducir los costos de fumigantes del suelo e incrementar la productividad y la eficiencia económica (Garduño y González, 2007; Ozores-Hampton *et al.*, 2010; Mitidieri, *et al.*, 2011; Camacho, 2012).

Por todo lo señalado, se propuso el desarrollo de la presente investigación para lograr la selección de nuevos portainjertos potenciales de tomate resistentes a *M. incognita* raza 2 y establecer las bases científicas para la inclusión de esta táctica en la estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en el sistema de cultivo protegido de hortaliza del país.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Esquema de la investigación

El esquema general de la investigación se elaboró en correspondencia con los objetivos planteados y estuvo conformado en tres etapas fundamentales (Figura 1).

Etapas 1: Se seleccionó en condiciones semi-controladas genotipos de solanáceas resistentes a *M. incognita* raza 2, para ser utilizados como portainjertos potenciales del cultivo del tomate en el sistema de cultivo protegido.

Etapas 2: Se desarrolló el proceso de injerto durante la fase de plántula. Se evaluaron variables morfológicas que permitieron determinar la compatibilidad portainjerto-injerto de los genotipos seleccionados, como potenciales portainjertos del cultivo del tomate en la etapa anterior; se tuvo en consideración las exigencias agronómicas y climáticas para la obtención de plántulas de tomate injertadas con elevada compatibilidad con el híbrido ‘HA 3105’.

Etapas 3: En esta etapa se profundizó en dos aspectos fundamentales del proceso de investigación: (1) Se evaluó bajo condiciones de cultivo protegido el comportamiento de variables agronómicas de plantas de tomate injertadas sobre portainjertos resistentes a *Meloidogyne incognita* raza 2, seleccionados en la primera etapa de la investigación. (2) Se comprobó el grado de resistencia a *Meloidogyne incognita* raza 2 de los portainjertos resistentes, previamente seleccionados en la Etapa 1.

Los principales aspectos evaluados durante las tres etapas de investigación, sirvieron de base para proponer genotipos de solanáceas como nuevos potenciales portainjertos del cultivo del tomate y modificar las bases teóricas de la metodología de injerto herbáceo en el cultivo del tomate en Cuba.

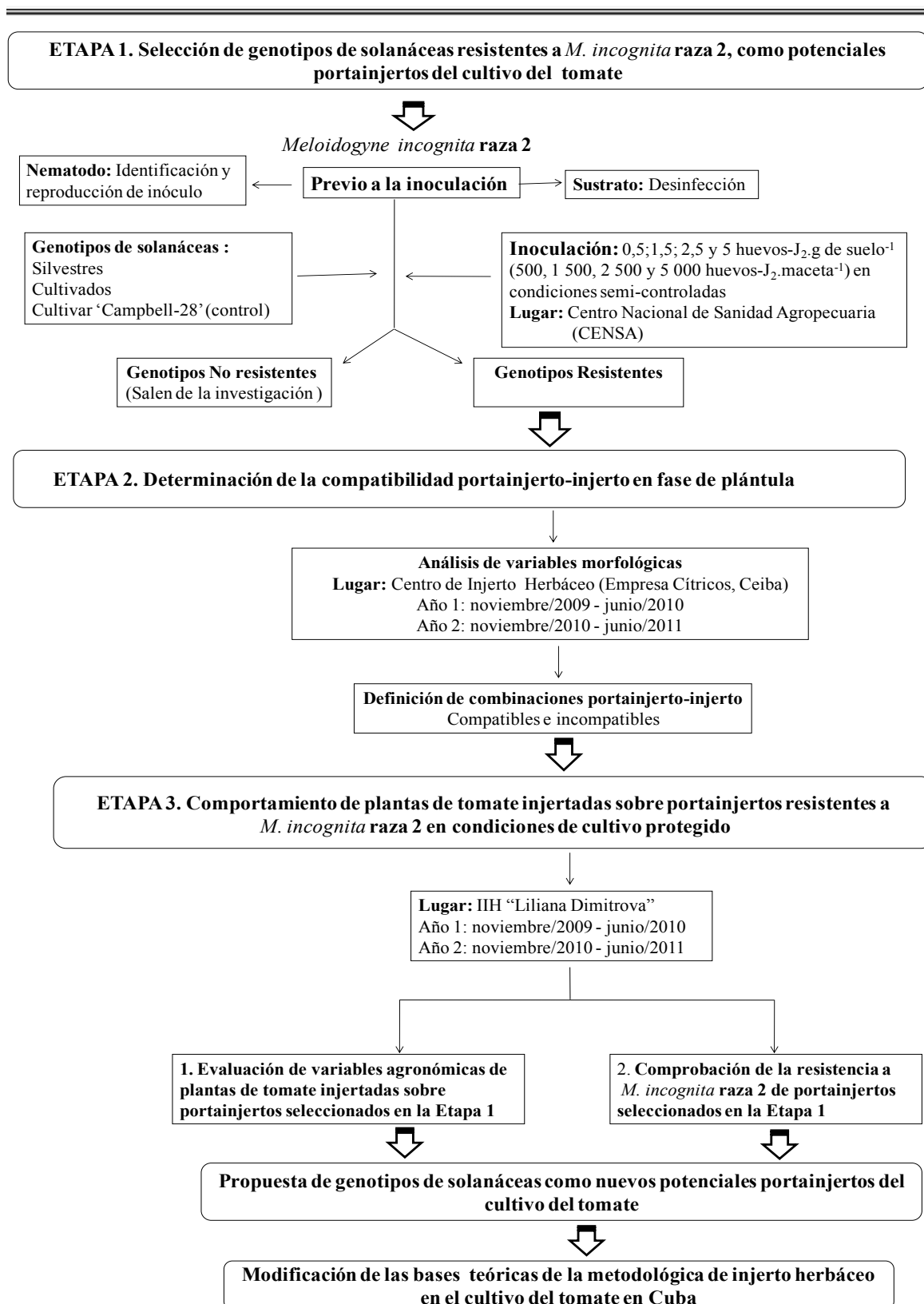


Figura 1. Esquema general de la investigación

3.2. Ubicación y condiciones edafoclimáticas generales

El trabajo experimental se desarrolló en diferentes locaciones. La selección de genotipos resistentes a *M. incognita* raza 2 se efectuó en condiciones semi-controladas en el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), ubicado a 23° latitud Norte y 82° longitud Oeste, a una altitud de 130 m.s.n.m., en el municipio de San José de Las Lajas, provincia Mayabeque.

Los experimentos realizados en condiciones de cultivo protegido se llevaron a cabo en áreas del Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” (IIHLD), situado en el municipio Quivicán, provincia Mayabeque, ubicado a 22° 23' latitud Norte y 82° 23' longitud Oeste, a una altura de 68 m.s.n.m., en un suelo Ferralítico Rojo típico éutrico (Hernández *et al.*, 1999), correspondiente a la clasificación del World Reference Base como, Nitisol ferrálico ródico éutrico (IUSS, working group, WRB, 2008).

La fase de injerto se realizó en el Centro de Injerto Herbáceo de la Empresa Cítricos Ceiba, que pertenece al Ministerio de la Agricultura (MINAG) y está ubicado en la carretera Guayabal, Km 4 ½, Ceiba del Agua, municipio Caimito, provincia Artemisa.

Los datos de las variables meteorológicas de las locaciones CENSA y IIHLD se tomaron como referencia de la Estación Meteorológica número 78 374, ubicada en el Km 3½ de la carretera a Tapaste, en el municipio San José de Las Lajas, provincia Mayabeque y de la Estación Meteorológica del municipio Güira de Melena, de la provincia Artemisa, respectivamente (Anexo 1 y 2).

3.3. Selección de genotipos de solanáceas resistentes a *M. incognita* raza 2, como potenciales portainjertos del cultivo del tomate

La selección de los portainjertos potenciales resistentes a *M. incognita* raza 2, se realizó entre febrero y mayo del año 2008. Se evaluaron siete genotipos de la familia *Solanaceae*, con características y procedencias diversas (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización de los genotipos de solanáceas evaluados frente a una población cubana de *M. incognita* raza 2.

Genotipos y accesiones	Nombre científico	Procedencia	Estado	Resistencia ^(a) informada a:	Referencias
Prendedera P-3852	<i>Solanum torvum</i> Sw	Cuba	Silvestre	Mi, Ma, Va, F1, F2, Ps	Daunay y Dalmasso (1985) Gómez <i>et al.</i> (2005) Sikora <i>et al.</i> (2005) Rodríguez <i>et al.</i> (2009)
Prendedera macho P-3851	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	Cuba	Silvestre	^(b) Resistencia no informada	–
Güirito espinoso P-3850	<i>Solanum globiferum</i> Dun.	Cuba	Silvestre	^(b) Resistencia no informada	–
‘Rossol’	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Francia	Cultivado	Mi, Ma, F, Vd	Laterrot (1975) Guíñez (1982) Fernández <i>et al.</i> (1998) Cuadra <i>et al.</i> (2005)
‘Motelle’	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Francia	Cultivado	Mi, Ma, Fol: 1, 2, 3, Sm	Williamson (1998) Ascensio - Álvarez <i>et al.</i> (2008) Corbett <i>et al.</i> (2011)
‘Beaufort’ F1	<i>Solanum lycopersicum</i> L. × <i>Solanum habrochaites</i> S.	Holanda	Cultivado Portainjerto comercial	Mi, Ma, Mj, ToYMV, Fol: 0, 1, For, Pl, Va, Vd	Miguel <i>et al.</i> (2007) Seah <i>et al.</i> (2007) Devran <i>et al.</i> (2010) Camacho (2011 b)
Chamico morado P-3849	<i>Datura stramonium</i> L.	Cuba	Silvestre	^(b) Resistencia no informada	–

^(a) Mi: *M. incognita*; Ma: *M. arenaria*; Mj: *M. javanica*; ToYMV: *Tomato yellow mosaic virus*; F: *F. oxysporum*, F1: *F. oxysporum* raza 0; F2: *F. oxysporum* raza 1; Fol: *F. oxysporum f. sp. lycopersici* razas 0, 1, 2, 3 ; For: *F. oxysporum f. sp. radialis-lycopersici*; Pl: *P. lycopersici*; Va: *V. albo-atrum*; Vd: *V. dahliae*; Ps: *R. solanacearum*; Sm: *Stemphylium solani* Weber. ^(b) Resistencia no informada a plagas del suelo.

Se empleó como control susceptible a *Meloidogyne* spp. el cultivar ‘Campbell 28’ (Fernández *et al.*, 1998). Se evaluaron las especies silvestres *S. torvum*, *S. erianthum*, *S. globiferum*, *D. stramonium*, que procedían del Banco de germoplasma del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT). Los genotipos cultivables ‘Rossol’ y ‘Motelle’, fueron facilitados por el Banco de germoplasma del IIHLD y el portainjerto comercial ‘Beaufort’ por el Proyecto “Eliminación total del Bromuro de Metilo en tratamientos al suelo en Cuba” (MP/CUB/04/133) implementado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), con la contraparte por Cuba de la Oficina Técnica de Ozono (OTOZ), del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) del Ministerio de la Agricultura.

Entre las principales características para la selección de los genotipos como potenciales portainjertos para el cultivo del tomate se tuvo en consideración la resistencia a nematodos del género *Meloidogyne* Goeldi según los atributos recomendados por Miguel (1997). Para su estudio se seleccionó una población de nematodos de *M. incognita* raza 2, especie de mayor distribución en la producción protegida de hortalizas en Cuba (Gómez *et al.*, 2009), proveniente de una casa de cultivo protegido ubicada en el municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, previamente identificada a través de técnicas morfológicas, fisiológicas y moleculares mantenida en el banco de poblaciones puras del CENSA (Gómez, 2007).

Para su multiplicación se utilizaron cajuelas de zinc galvanizado de 50 cm x 50 cm, con una mezcla de humus de lombriz + suelo Ferralítico Rojo típico, en proporción 1:1, previamente esterilizada en autoclave a 121°C con 1 atm de presión durante una hora. Como hospedantes del nematodo se emplearon plantas del cultivar de tomate ‘Campbell-28’.

Las semillas de cada genotipo se sembraron en bandejas de semillero de 247 alvéolos, con dimensiones de 2,9 cm x 2,9 cm x 6,5 cm y volumen de 32,5 cm³, las cuales contenían la mezcla de sustrato antes descrita, previamente esterilizada. A los 21 días de haber germinado, las plántulas se trasplantaron individualmente a macetas, que tenían una capacidad de 1,5 L (\approx 1,5 kg) y la mezcla de humus de lombriz + suelo, previamente descrita.

Una semana después del trasplante, las plantas se inocularon con una suspensión de nematodos juveniles infestivos (J₂) y huevos, preparados según la metodología de Hussey y Barker (1973). Como población inicial (P_i) del experimento, se utilizaron cuatro niveles poblacionales 0,5; 1,5; 2,5 y 5 huevos-J₂.g de suelo⁻¹, equivalentes a 500, 1 500, 2 500 y 5 000 huevos-J₂.maceta⁻¹, respectivamente. Para determinar la concentración óptima de inóculo se tuvo en consideración un adecuado rango de valores, previamente utilizado en estudios de resistencia a nematodos en plantas hortícolas por Sánchez y Rodríguez (2000).

Para la inoculación, se retiró el suelo cercano a la zona radical de la planta y con una pipeta se añadió el volumen de la suspensión necesaria para garantizar cada nivel de inóculo. Las macetas se dispusieron siguiendo un diseño completamente aleatorizado. Se establecieron cinco réplicas (macetas) de cada tratamiento. Las plántulas se mantuvieron en un aislador biológico, con riego en días alternos de forma manual y se evaluó su estado fitosanitario semanalmente.

Las raíces se extrajeron a los 60 días después de su inoculación, se lavaron con agua común y se envolvieron en papel humedecido. Las muestras se identificaron y se evaluaron posteriormente en el Laboratorio de Nematología Agrícola del CENSA, donde se determinó la población final de J₂ y huevos, a través del método de Hussey y Barker (1973). La suspensión resultante se cuantificó mediante el conteo directo de los huevos-J₂ en un microscopio

estereoscopio Zeiss® con 160 aumentos. Con estos datos se determinó el factor de reproducción (FR), que establece la cantidad de veces que se reprodujo la población inicial y se calculó a través de la fórmula: $FR = Pf / Pi$; Pf constituye la población final de huevos-J₂ extraída de las raíces después del experimento y Pi la cantidad de huevos- J₂ inoculados a las plantas.

La categorización de los genotipos se hizo a través de la metodología de Sánchez *et al.* (1992), (Tabla 3). Para ello se determinó el índice de reproducción (IR) a través de la siguiente fórmula: $IR = (Pf \text{ var.} \times 100) / Pf \text{ control}$, donde, Pf var. = número de huevos-J₂ producidos en el genotipo que se evalúa y Pf control: número de huevos-J₂ obtenidos por el cultivar que se empleó como control susceptible.

Tabla 3. Categorización de genotipos según el índice de reproducción de *Meloidogyne* spp.

Características	Porcentaje de reproducción	Categorías
No reproducción	-	Inmune (I)
Trazas de reproducción	$\leq 1\%$	Altamente resistente (AR)
Ligera reproducción	2- 10%	Muy resistente (MR)
Moderada reproducción	11- 25%	Moderadamente resistente (MoR)
De moderada a fuerte reproducción	26 - 50%	Susceptible (S)
Gran reproducción	$> 50\%$	Muy susceptible (MS)

Los datos obtenidos se analizaron a través de un Análisis de Varianza de clasificación simple (ANOVA). Los valores en % del índice de reproducción del nematodo fueron transformados según la función matemática arcseno ($\sqrt{\%}$). Para la comparación entre las medias se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 5% de probabilidad del error, según Lerch (1977). Para el procesamiento de la información, fue utilizado el paquete estadístico SAS versión 9.0 (2002).

3.4. Determinación de la compatibilidad portainjerto-injerto en fase de plántula

En la fase de plántula se consideraron como tratamientos los genotipos ‘Rossol’, ‘Motelle’, *S. torvum* y *S. globiferum* seleccionados como candidatos a portainjertos resistentes a *M. incognita* raza 2 en el epígrafe 3.1. Además fue incluido el portainjerto comercial ‘Beaufort’ F1 y como injerto se seleccionó el híbrido ‘HA 3105’ F1 de procedencia Israeli, utilizado también como tratamiento control. Para la selección del cultivar ‘HA 3105’ F1 se tuvo en consideración su susceptibilidad a *M. incognita* raza 2 y su alta tolerancia al Virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate (*Tomato yellow leaf curl virus* aislado de Cuba, TYLCV IL [CU]) y sus favorables características productivas (Rodríguez *et al.*, 2006; Fauquet *et al.*, 2008; Piñón, 2009).

Las plántulas de los portainjertos y del híbrido ‘HA 3105’ F1 a injertar, se produjeron en el IIHLD, en una casa de cultivo modelo Tropical-12 con cerramiento lateral de malla anti *Bemisia* y superior de rafia plastificada. Se utilizaron bandejas de poliestireno de 150 alvéolos con dimensiones de 4 cm x 4 cm x 7 cm y volumen de 45 cm³ y se empleó como sustrato una mezcla de 90% turba rubia + 10% Litonita (Casanova *et al.*, 2004).

La siembra de los portainjertos ‘Rossol’, ‘Motelle’, así como el híbrido a injertar ‘HA 3105’ F1, se realizó el día 15 de noviembre del 2009 (año 1) y 2010 (año 2), respectivamente. Los portainjertos silvestres *S. torvum*, *S. globiferum* y el portainjerto comercial ‘Beaufort’ F1, se sembraron anticipadamente, los días 9 y 12 de noviembre de 2009 y 2010, respectivamente, debido a la lenta germinación de sus semillas y falta de uniformidad en el crecimiento de las plántulas. Durante la fase de germinación y hasta la emisión de las primeras hojas verdaderas, el riego se efectuó mediante el sistema de microaspersión aérea, con una norma de 1-1,5 L.bandeja.día⁻¹. Las plántulas se fertirrigaron de forma manual a partir de la emisión de las

hojas verdaderas, con el auxilio de una regadera. Las soluciones nutritivas se determinaron según los procedimientos referidos por Igarza *et al.* (2008).

El proceso de injerto se efectuó en el Centro de Injerto Herbáceo de la Empresa de Cítricos Ceiba, provincia Artemisa, en una casa de cultivo modelo Tropical, cerrada con malla anti *Bemisia* por los laterales y con rafia plastificada en el techo, provista de climatización y ventilación cenital (Pérez- Montesbravo, *et al.*, 2012 a). El injerto de las plántulas se realizó el día 8 de diciembre (años 2009 y 2010) respectivamente, 23 días después de la siembra de los portainjertos ‘Rossol’ y ‘Motelle’ y 30 a 33 días después de la siembra de los portainjertos ‘Beaufort’, *S. torvum* y *S. globiferum*.

Se utilizó el método de injerto de púa terminal descrito por Miguel *et al.* (2007) (Anexo 3). Después de injertadas las plántulas, pasaron a la fase de cicatrización y se colocaron durante siete días en el interior de una cámara húmeda o microtúnel de 5 m x 1 m (Anexo 4), con cubierta de rafia plastificada, ajustada abertura para su ventilación por uno de sus extremos y con un sistema de riego por nebulización. La cámara se ventiló parcialmente a partir del tercer día después de realizado el injerto y se abrió de forma definitiva a los siete días, posterior al injerto. Durante este período se registraron los valores de la temperatura media diaria del aire (°C) y la humedad relativa diaria (%), con el auxilio de un termohigrógrafo digital modelo EM-913, (Anexo 5).

Concluida la fase de cicatrización, las plántulas injertadas pasaron a la fase de aclimatación y se mantuvieron por siete días hasta su trasplante en una casa de cultivo protegido modelo Tropical A-12.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas y se evaluaron un total de 30 plántulas por tratamiento en dos momentos: tres días antes del injerto (dai) y 14 días después de este

(ddi), así como las variables morfológicas: altura de las plántulas, número de hojas y diámetro del tallo de portainjertos e injertos. Se determinó, además, a los 14 ddi, el índice de compatibilidad portainjerto-injerto y el porcentaje de cicatrización.

La metodología para la evaluación de las variables morfológicas, el índice de compatibilidad portainjerto-injerto y el porcentaje de cicatrización fue la siguiente:

Altura de la plántula (cm): Se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la plántula. Las mediciones se realizaron con una regla graduada y los valores se expresaron en centímetros.

Número de hojas (Nº): Se contó el número de hojas verdaderas por plántulas.

Diámetro del tallo (mm): Se determinó a los tres días antes del injerto (3 dai) el diámetro del tallo del portainjerto y del híbrido a injertar, mediante un pie de rey graduado en milímetros.

A los 14 días después del injerto (ddi), se evaluó el diámetro del tallo del portainjerto (DTP) y del híbrido injertado (DTI), 2 cm por encima y por debajo de la cicatriz del injerto. Su determinación se realizó en el momento ontogénico adecuado, en correspondencia con lo informado por Miguel (1997)

Índice de compatibilidad (DTP/DTI): Se determinó mediante la relación entre el diámetro del tallo del portainjerto (DTP) y del injerto (DTI) y sus valores se expresaron en milímetros. El nivel de compatibilidad se estableció según los valores calculados de la relación (DTP/DTI), donde el valor calculado igual a la unidad (1), señaló una adecuada compatibilidad injerto-portainjerto, mientras que valores menores o mayores de (1), indicaron incompatibilidad, según procedimiento establecido por Miguel *et al.* (2012).

Porcentaje de cicatrización (%): Se determinó mediante el cálculo del número medio de plántulas injertadas con adecuada cicatrización, expresada en la formación del tejido de callo o conjunto de células parenquimáticas en la unión del injerto.

Los datos de las variables analizadas fueron sometidos a un Análisis de Varianza de clasificación doble (ANOVA), sin interacción entre las réplicas. Los valores del porcentaje de cicatrización fueron transformados, según la función matemática $\arcsen(\sqrt{\%})$. Para la comparación entre las medias se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 5% de probabilidad del error, según Lerch (1977). El procesamiento de la información se llevó a cabo mediante la utilización del paquete estadístico SAS versión 9.0. (2002).

3.5. Comportamiento de las plantas de tomate injertadas sobre portainjertos resistentes a *M. incognita* raza 2 en condiciones de cultivo protegido

3.5.1. Comportamiento agronómico de plantas de tomate injertadas sobre portainjertos seleccionados

La investigación se realizó en el IIHLD, en una casa de cultivo protegido modelo Tropical A-12 con efecto “sombrilla” de 540 m² de superficie, con una altura a la cumbre de 4 m, cerramiento superior con rafia plastificada y provista de ventana cenital y malla sombreadora (35%) por los laterales y frente (Casanova *et al.*, 2007).

Se realizaron dos experimentos, en los meses de noviembre/2009 - junio/2010 (año 1) y el otro, de noviembre/2010 - junio/2011 (año 2), ambos conducidos sobre un suelo Ferralítico Rojo típico éutrico, con un pH H₂O de 8,08 (año 1) y 7,37 (año 2), pH KCL de 6,77 (año 1) y 5,86 (año 2), altos contenidos de P₂O₅ (año 1= 99,44 y año 2= 112,49 mg/100 g) y K₂O (año 1= 47,01 y año 2= 46,70 mg/ 100 g) y bajos valores en (%) de materia orgánica (MO) (año 1= 1,92 y año 2= 1,53).

Para su caracterización física y química, se utilizaron las técnicas analíticas: pH: Potenciometría (ININ, 1999 [NC-ISO 10390: 99]); MO: Walkley – Black (ININ, 1999 [NC 51:99]); P₂O₅: Colorimetría; K⁺: Fotometría de llama (Oniani) (ININ, 1999 [NC 52: 99])

En los dos experimentos, cuyo cultivo precedente fue el tomate, se tomaron muestras de suelo que fueron procesadas en el Laboratorio de Nematología Agrícola del CENSA, donde se determinó la presencia de *M. incognita* raza 2 a través de estudios morfológicos, fisiológicos y moleculares según los procedimientos descritos por Gómez, (2007).

Al inicio de cada experimento, el suelo presentó un índice poblacional de *M. incognita* raza 2 con grado 3,35 (año 1) y grado 4,67 (año 2). Para estimar las poblaciones se tomaron 30 muestras de suelo, siete días antes del trasplante (7 dat) mediante el método estratificado sistemático (Barker, 1985) y se empleó el método de bioensayo utilizando como plantas indicadoras tomate cv. ‘Campbell-28’ (McSorley, 1987).

Se establecieron seis tratamientos, derivados de las combinaciones del híbrido ‘HA 3105’ injertado sobre portainjertos previamente seleccionados en el epígrafe 3.1 y el control sin injertar ‘HA 3105’ (Tabla 4).

Tabla 4. Tratamientos del híbrido ‘HA 3105’ injertado sobre diferentes portainjertos seleccionados para los experimentos de cultivo protegido.

Tratamientos	Combinación injerto / portainjerto
T1	‘HA 3105’/ ‘Rossol’
T2	‘HA 3105’/ ‘Motelle’
T3	‘HA 3105’/ ‘Beaufort’
T4	‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>
T5	‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>
T6 (C)	‘HA 3105’

T6 (C): Control sin injertar

El trasplante se realizó sobre canteros altos de 0,60 m de ancho, 0,20 m de altura, en hileras sencillas separadas a 2 m, con una distancia entre plantas de 0,25 m y una densidad de

plantación de 2 plantas.m⁻². Las parcelas tenían una superficie de 10 m², con un total de 20 plantas en cada réplica. Se utilizó un diseño de bloques al azar y se establecieron tres réplicas de cada tratamiento. Las plantas fueron conducidas a un tallo de forma vertical, mediante un cordel atado a un doble alambre superior separados a 50 cm. El resto de las labores culturales se realizaron según los procedimientos descritos por Casanova *et al.* (2007).

El riego a la plantación se realizó localizado mediante la técnica de goteo, con un caudal de 2 L.hora⁻¹. La nutrición se aplicó a través del fertirriego y las soluciones nutritivas, dosis de riego y conductividad eléctrica en las diferentes fases fenológicas del cultivo, se llevaron a cabo según lo establecido para el cultivo protegido del tomate (Casanova *et al.*, 2007; Igarza *et al.*, 2008). El manejo fitosanitario se realizó de acuerdo a lo recomendado por Bernal *et al.* (2001).

En el interior de la instalación se registraron las variables meteorológicas: temperatura máxima, mínima y media diaria del aire (°C), con el empleo de un termómetro ubicado en una caseta meteorológica a una altura del suelo de 1,50 m. De igual modo se registró la humedad relativa diaria (%), con un termohigrógrafo digital modelo EM-913 y también se midió la temperatura del suelo (°C), con tres termómetros ubicados a 15 cm de profundidad (Anexo 6). Se realizaron un total de 12 cosechas, en cada uno de los experimentos (año 1 y año 2), comprendidas entre los 76 y 163 días después del trasplante para el primer año y entre los 75 y 161 días, para el segundo.

Las evaluaciones en cada experimento se realizaron en un total de 30 plantas por tratamiento y las variables agronómicas estudiadas se describen a continuación:

Número de días transcurridos entre el trasplante y la floración inicial y masiva: Se contabilizaron los días transcurridos desde el momento del trasplante, hasta el inicio de la

apertura de las flores en el 25% de las plantas (floración inicial) y 75% de las plantas (floración masiva). La evaluación se realizó en las tres réplicas de los tratamientos evaluados.

Altura de la planta (cm): Se midió a los 66 días después del trasplante, desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. Las mediciones se realizaron con el auxilio de una regla graduada y los valores se expresaron en centímetros.

Número de hojas (Nº): Se evaluó a los 66 días después del trasplante, mediante el conteo del número de hojas por planta.

Diámetro del tallo (mm): Se evaluó el diámetro del tallo del portainjerto (DTP) y del injerto (DTI) a los 22, 44 y 66 días después del trasplante. Fue medido a 5 cm por encima y por debajo de la cicatriz del injerto, con el empleo de un pie de rey graduado en milímetros.

Índice de compatibilidad (DTP/DTI): Se calculó por la relación entre el diámetro del tallo del portainjerto (DTP) y del injerto (DTI) expresado en milímetros, según procedimiento descrito por Miguel *et al.* (2012).

Porcentaje de sobrevivencia (%): Se determinó a los siete días, después del trasplante (ddt), sobre la base del número de plantas muertas, del total de las trasplantadas por parcela, de cada tratamiento y réplica.

Fructificación (%): Se determinó en los cuatro primeros racimos de las plantas evaluadas, mediante la relación entre el número de frutos formados y el número total de flores de cada racimo evaluado.

Número de racimos por planta (Nº): Se evaluó mediante el conteo físico del número de racimos por planta, a los 66 días después del trasplante.

Número de frutos por planta (Nº/planta): Se cuantificó en cada cosecha, dividiendo el número total de frutos obtenidos por tratamiento y réplica, entre el número de plantas cosechadas. El

valor final se obtuvo de la sumatoria del número de frutos por planta del total de cosechas, para cada tratamiento.

Masa de los frutos por planta (kg.planta^{-1}): Se determinó en cada cosecha mediante una balanza técnica, la masa de los frutos por parcela, este valor se dividió entre el número de plantas cosechadas. El valor final se obtuvo para cada tratamiento, sumando la masa de los frutos por planta de todas las cosechas.

Masa media de los frutos (g): Se determinó mediante la relación entre la masa total (kg) y el número de frutos de cada tratamiento, evaluados en cada cosecha y para el total de cosechas.

Rendimiento (t.ha^{-1}): Se determinó el rendimiento total, al sumar la masa media de los frutos de todas las cosechas, en cada tratamiento.

Estructura del rendimiento (t.ha^{-1}) de acuerdo a la calidad: La categorización de la calidad de los frutos se realizó según el código de calibración de la norma cubana (ININ, 2009 [NC 735-1]), se clasificaron los frutos en categoría extra, primera, segunda y tercera, según el diámetro máximo de la sección ecuatorial.

Se efectuaron tres muestreos de frutos de calidad extra, correspondientes a la segunda, quinta y octava cosecha, coincidiendo con el período de plena producción. Los frutos se recolectaron al azar, en estado de madurez rojo (maduro firme), grado 6, según la carta de colores de Suslow y Canweel (2001). Se evaluaron las variables de calidad interna y externa de los frutos. Para el análisis de los datos, se determinó la media de las tres cosechas, a un total de 45 frutos por tratamiento.

Las variables de calidad interna y externa de los frutos se describen a continuación:

Sólidos solubles totales (SST): Se evaluaron con el auxilio de un refractómetro modelo Atago, expresado en °Brix, según el método refractométrico (ININ, 2001[NC-ISO 2371]).

Diámetro o eje ecuatorial y polar del fruto (EEF y EPF): Se midió el eje ecuatorial y polar del fruto con el auxilio de un pie de rey expresado en (mm).

Firmeza del fruto (FF): Se determinó con un penetrómetro (modelo BERTUZZI), de puntal cilíndrico, colocado de manera horizontal y con penetración de 10 mm, en la zona ecuatorial del fruto. Los valores se expresaron en (kg) (IIHLD, 2001).

Grosor del pericarpio (GP): Se realizó un corte longitudinal por la parte central del fruto y se midió el grosor del pericarpio con el auxilio de un pie de rey graduado en (mm).

Número de lóculos (NL): Se realizó un corte longitudinal por la parte central del fruto y se contabilizó el número de lóculos por fruto.

Los datos de las variables agronómicas, se analizaron a través de un Análisis de Varianza de clasificación doble (ANOVA), sin interacción entre las réplicas. Los valores de las variables porcentaje de sobrevivencia y fructificación, fueron transformados según la función matemática arcseno ($\sqrt{\%}$). Se utilizó para comparar las diferencias entre las medias la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 5% de probabilidad del error, según Lerch (1977). Las variables número de días transcurridos desde el trasplante hasta la floración inicial y masiva, se analizó mediante la Prueba no paramétrica de comparación múltiple de Kruskal Wallis. El procesamiento de la información, se llevó a cabo mediante la utilización del paquete estadístico SAS versión 9.0. (2002).

La relación entre el rendimiento total (RTO) y la masa media del fruto (MMF) con las variables de calidad externa e interna del mismo, se analizaron en diferentes ambientes año 1= A1 y año 2= A2, mediante un análisis Multivariado, por el método de Análisis de Componentes Principales (ACP). La interpretación de los resultados se representó a través de un gráfico Biplot, donde los seis tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, y T6) en los dos años de

estudio (A1 y A2), fueron ploteados a través del programa GGEbiplot para Windows, versión 4.1 (Gabriel, 1971).

3.5.2. Comprobación de la resistencia a *M. incognita* raza 2 de portainjertos seleccionados para condiciones de cultivo protegido

Al finalizar el ciclo del cultivo (165 ddt), en cada experimento se tomaron muestras de raíces a 10 plantas por réplica, para un total de 30 plantas por tratamiento, las cuales se lavaron con agua común e identificaron y se trasladaron al Laboratorio de Nematología del CENSA, en el cual se contabilizó el número de agallas por raíz y se determinó el índice de agallamiento (IA) mediante la escala de Taylor y Sasser (1978) que establece como grado 0: sin agallas; grado 1: de 1 a 2 agallas; grado 2: de 3 a 10 agallas; grado 3: de 11 a 30 agallas; grado 4: de 31 a 100 agallas y grado 5: más de 100 agallas. El conteo de agallas se realizó con el auxilio de un microscopio estereoscopio Zeiss® con 160 aumentos.

Los huevos y juveniles infestivos J₂ de *M. incognita* raza 2 se extrajeron de las raíces, a través del método de Hussey y Barker (1973), para determinar la población final de nematodos. La suspensión resultante se cuantificó a través del conteo directo de los huevos-J₂ en un microscopio estereoscopio Zeiss® con 160 aumentos. Se calculó el índice de reproducción (IR) mediante la metodología descrita en el epígrafe 3.1

Se utilizó un diseño de bloques al azar en cada experimento y se establecieron tres réplicas de cada tratamiento. Los datos de las variables analizadas fueron sometidos a un Análisis de Varianza de clasificación doble (ANOVA), sin interacción entre las réplicas y para la comparación entre las medias, se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 5% de probabilidad del error, según Lerch (1977). El procesamiento de la información se llevó a cabo mediante la utilización del paquete estadístico SAS versión 9.0 (2002).

3.6 Evaluación económica

El efecto económico se calculó comparando los ingresos de la producción de una hectárea de tomate en los tratamientos T1: 'HA 3105'/'Rossol' y T6: 'HA 3105' (C), sobre la base de su rendimiento en las calidades extra, primera y segunda. Para el cálculo se asumieron los precios de venta suministrados por GEF (2014), para tomate de consumo fresco, producidos en casas de cultivo protegido con destino al turismo, correspondiente a la campaña de invierno, los cuales fueron los siguientes:

Frutos de tomate de calidad extra ----- 4,20 CUC/kg.

Frutos de tomate de calidad primera----- 3,00 CUC/kg.

Frutos de tomate de calidad segunda----- 2,00 CUC/kg.

Se tuvo en consideración, los gastos incurridos en todo el proceso de producción, correspondiente a cada tratamiento T1: 'HA 3105'/'Rossol' y T6: 'HA 3105' (C), los cuales se reflejan en sus fichas de costos con sus componentes en CUP y CUC (Ver Anexo 7). Para la elaboración de las fichas de costos de producción, se utilizó la metodología del MINAG (2008), vigente para estos análisis. Se emplearon en la presente evaluación los indicadores económicos propuestos por la FAO (1984):

Valor de la producción (VP) (CUC/ha): Es el producto del rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$) por el precio de 1 t de frutos de tomate de las categorías de calidad correspondiente. ($VP = Rendimiento \text{ por cada categoría} \times \text{Precio 1 t}$).

Costo por peso de producción (C/P) (CUP + CUC/ha): Es el resultado del costo total entre el valor de la producción en una hectárea. ($C/P = CT/VP$).

Beneficio neto (BN) (CUP + CUC/ha): Es el resultado del valor de la producción menos el costo total de la producción de una hectárea. ($BN = VP - CT$).

% de Beneficio: Relación entre el beneficio neto y el valor de la producción de una hectárea expresado en porcentaje. ($\% \text{ de Beneficio} = \text{BN/VP} \times 100$).

Beneficio/costo ó Razón valor costo (RVC): Relación entre el valor de la producción y el costo total de la producción de una hectárea. ($\text{RVC} = \text{VP/CT}$).

Tasa de rentabilidad (%): Relación entre el beneficio neto y el costo total de la producción de una hectárea expresado en porcentaje. ($\text{TR} = \text{BN/CT} \times 100$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Selección de genotipos de solanáceas resistentes a *M. incognita* raza 2, como potenciales portainjertos del cultivo del tomate

Los genotipos evaluados expresaron diferentes grados de resistencia frente a la población cubana de *M. incognita* raza 2. El híbrido comercial ‘Beaufort’, resultó susceptible en presencia de la mayor población, pudiéndose constatar un crecimiento de la población (FR= 3,45), con respecto al inóculo inicial y un elevado índice de reproducción (Tabla 5).

Por su parte, la especie silvestre *D. stramonium* resultó completamente inmune a *M. incognita* raza 2. Los genotipos silvestres *S. torvum* y *S. erianthum*, se comportaron inmunes frente a los niveles poblacionales bajo y medio de *M. incognita*, mientras que en presencia de 5 huevos-J₂. g de suelo⁻¹, permitieron niveles ligeros de reproducción, con bajos valores de factor e índice de reproducción, (FR) e (IR) y diferencias significativas a los tratamientos con bajos niveles poblacionales de nematodo (Tabla 5).

El genotipo *S. globiferum* exhibió diferentes grados de resistencia, en dependencia del nivel poblacional de *M. incognita* en el sustrato, desde alta en presencia de 0,5 y 1,5 huevos-J₂. g de suelo⁻¹ a moderadamente resistente, frente a 5 huevos-J₂. g de suelo⁻¹, con diferencias significativas en las variables factor de reproducción (FR) e índice de reproducción (IR) (Tabla 5).

Con respecto a la resistencia a nematodo se planteó que la misma presenta un carácter oligogenéticamente heredado. En diversos análisis genéticos (Fassullotis, 1979; Kouassi *et al.*, 2006) relevaron el determinismo monogénico o poligénico de la resistencia identificada en plantas silvestres.

Tabla 5. Categorización de los genotipos frente a *Meloidogyne incognita* raza 2.

Genotipos	Niveles poblacionales (H-J ₂ .g de suelo ⁻¹)	FR Pf/Pi	IR (%)	Categorías
Chamico morado (<i>D. stramonium</i>)	0,5	0,00 b	0,00	I
	1,5	0,00 b	0,00	I
	2,5	0,00 b	0,00	I
	5,0	0,02 a	0,00	I
	ESx	0,01***	0,00 ns	
	CV (%)	7,70	0,00	
Prendedera (<i>S. torvum</i>)	0,5	0,00 b	0,00 b	I
	1,5	0,00 b	0,00 b	I
	2,5	0,00 b	0,00 b	I
	5,0	0,02 a	0,19 a	AR
	ESx	0,01***	0,02***	
	CV (%)	7,70	7,70	
Prendedera macho (<i>S. erianthum</i>)	0,5	0,00 a	0,00 b	I
	1,5	0,00 a	0,00 b	I
	2,5	0,00 a	0,00 b	I
	5,0	0,00 a	0,19 a	AR
	ESx	0,00***	0,01***	
	CV (%)	0,00	0,70	
Güirito espinoso (<i>S. globiferum</i>)	0,5	0,18 d	0,81 d	AR
	1,5	0,33 c	1,03 c	AR
	2,5	0,39 b	2,61 b	MR
	5,0	1,95 a	19,58 a	MoR
	ESx	0,16***	0,01***	
	CV (%)	10,30	7,70	
'Rossol' (<i>S. lycopersicum</i>)	0,5	0,06 d	0,24 d	AR
	1,5	0,09 c	0,33 c	AR
	2,5	0,15 b	1,00 b	AR
	5,0	0,19 a	2,00 a	MR
	ESx	0,26***	0,16***	
	CV (%)	6,30	8,00	
'Motelle' (<i>S. lycopersicum</i>)	0,5	0,05 c	0,24 d	AR
	1,5	0,10 d	0,32 c	AR
	2,5	0,14 b	0,99 b	AR
	5,0	0,19 a	1,99 a	MR
	ESx	0,02***	0,16***	
	CV (%)	5,30	8,00	
'Beaufort' (<i>S. lycopersicum</i> x <i>S. habrochaites</i>)	0,5	2,19 d	5,40 d	MR
	1,5	2,59 c	15,05 c	MoR
	2,5	3,19 b	23,08 b	MoR
	5,0	3,45 a	32,02 a	S
	ESx	0,11***	0,25***	
	CV (%)	7,10	5,30	
'Campbell -28' (C) (<i>S. lycopersicum</i>)	0,5	9,98 d	100,00	MS
	1,5	17,16 c	100,00	MS
	2,5	14,97 b	100,00	MS
	5,0	40,64 a	100,00	MS
	ESx	0,26***	0,00 ns	
	CV (%)	5,60	0,00	

Pf: Población final ; Pi: Población inicial; (H-J₂/SR): Huevos-juveniles del segundo estadio/ sistema radical; FR: Factor de reproducción (Pf/Pi); IR (%): Índice de reproducción; I: Inmune; AR: Altamente resistente; MR: Muy resistente; MoR: Moderadamente resistente; S: Susceptible; MS: Muy susceptible; (C): Control; ns: No significativa; Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey.

Zárate *et al.* (2008) señalaron que la defensa de las plantas contra los nematodos, involucra mecanismos de resistencia constitutivos, cuya expresión se debe a factores genéticos. Estos autores identificaron posibles genes homólogos *Mi-1* y *Mi-3* de resistencia a *Meloidogyne* spp. en especies silvestres de solanáceas.

Por otra parte, Lozada *et al.* (2002) y Wuys (2006) informaron que la expresión de resistencia en solanáceas silvestres, puede estar también asociada a mecanismos de defensa inductivos (bioquímicos), mediante la síntesis de metabolitos secundarios que incluyen alcaloides, terpenoides y fenilpropanoides, que afectan la reproducción de *M. incognita*, actuando como atrayentes o repelentes, induciendo parálisis, reduciendo la incubación o causando la muerte de los nematodos.

El comportamiento de la especie silvestre *D. stramonium* frente a *M. incognita* raza 2 fue de particular trascendencia, por cuanto resultó inmune a la especie de nematodo de mayor importancia en los sistemas de cultivos protegidos de hortalizas del país.

La identificación de la especie silvestre *S. erianthum* como nueva fuente de resistencia a *M. incognita* raza 2 en Cuba, permitió ampliar el conocimiento sobre las potencialidades de este genotipo de la familia *Solanaceae*.

En Cuba, no existen estudios de resistencia frente a *M. incognita* raza 2 de las especies anteriormente mencionadas, solo se informó, en estudios fitoquímicos, el efecto nematocida a *M. incognita*, a partir de extractos vegetales de *D. stramonium*, cuyo principio activo está constituido por compuestos fenólicos, entre ellos los flavonoides (Alfonso, 2000).

La resistencia fenotípica de *S. torvum* a *M. incognita* raza 2 en condiciones semi-controladas, se corresponde con los resultados obtenidos frente a otras poblaciones de esta especie en el

ámbito nacional e internacional (Rahman *et al.*, 2002; Borges *et al.*, 2009 a; Rodríguez *et al.*, 2009; Borges *et al.*, 2011).

Los cultivares ‘Rossol’ y ‘Motelle’ se comportaron como altamente resistentes frente a poblaciones bajas y medias de *M. incognita* raza 2 y muy resistentes ante el nivel poblacional superior. Los mayores valores de las variables: factor e índice de reproducción, se obtuvieron en el control ‘Campbell-28’, categorizado como muy susceptible (Tabla 5).

El resultado obtenido en los genotipos ‘Rossol’ y ‘Motelle’, fue similar al informado por Williamson, (1998); Collier *et al.*, (2005); Gogging, (2007); Borges *et al.* (2009 b) y Mantelin *et al.* (2013), quienes plantearon que estos cultivares poseen el gen *Mi* que proporciona una alta resistencia a esta especie.

La expresión de resistencia del gen *Mi* en ‘Rossol’ y ‘Motelle’, puede estar determinada por su estado alélico de homocigocis (*MiMi*), condición que permite fijar todas las características que conducen a la resistencia. Al respecto, se informó la influencia del estado homocigótico (*MiMi*) del gen *Mi*, sobre el alto grado de resistencia a nematodo y la disminución de su reproducción (Jacquet *et al.* 2005).

En Cuba, Fernández *et al.* (1998) y Cuadra *et al.* (2005), comunicaron la resistencia de este cultivar frente a otros aislados de la especie *M. incognita* en condiciones semi-controladas.

En lo referente al incremento del índice de reproducción, a medida que aumentó el nivel de inóculo inicial, el cultivar ‘Beaufort’ se comportó como muy resistente ante el nivel poblacional bajo, moderadamente resistente ante el nivel intermedio y susceptible en presencia de la mayor población (Tabla 5).

La respuesta susceptible de ‘Beaufort’ frente a un mayor nivel poblacional de nematodo, coincide con lo planteado por Graf *et al.* (2001), López-Pérez *et al.* (2006), Cortada *et al.*

(2008) y Verdejo-Lucas y Sorribas (2008) quienes afirmaron que la pérdida de resistencia de este genotipo se puso de manifiesto, frente a mayores poblaciones de *Meloidogyne* spp. en condiciones semi-controladas. El grado de resistencia a nematodo expresado por el gen *Mi* en el cultivo del tomate puede variar entre cultivares, en función del genotipo de tomate receptor del gen *Mi* y de la constitución alélica del carácter (*MiMi*) ó (*Mimi*), según Tzortzakakis *et al.* (1998). En el presente trabajo, se constató que la pérdida de resistencia del portainjerto 'Beaufort' pudo estar atribuida al estado alélico herterocigótico (*Mimi*) del gen, condición que no permite fijar las características que conducen a la resistencia.

De forma general, cada uno de los genotipos evaluados, en presencia de la mayor población de *M. incognita* raza 2, manifestó mayores valores en las variables factor e índice de reproducción, con diferencias significativas al resto de los tratamientos. Además es importante resaltar que las variables que caracterizaron la reproducción del nematodo (FR e IR), no solo se relacionaron con los niveles poblacionales y su magnitud, sino también a la composición genética del germoplasma utilizado.

Estos resultados se corresponden con lo planteado por Castro y López (1981); Karssen y Moens (2006) y Gómez *et al.* (2012), que informaron que a medida que aumenta la densidad inicial del inóculo, se incrementa el número de individuos que penetran en las raíces y se obtiene un mayor valor del índice de reproducción del nematodo.

En este sentido, Anzueto (1993) señaló que los nematodos endoparásitos sedentarios del género *Meloidogyne* Goeldi se caracterizan por establecer una relación parasitaria con sus hospedantes altamente especializada, la cual es controlada por los sistemas genéticos de ambos organismos.

Los resultados de esta etapa investigativa permitieron seleccionar los genotipos *S. torvum*, *S. erianthum*, ‘Rossol’ y ‘Motelle’ como resistentes a *M. incognita* raza 2, por lo que pudieron ser evaluados como potenciales portainjertos de tomate en las siguientes etapas de la investigación.

4.2. Determinación de la compatibilidad portainjerto-injerto en fase de plántula

En cada uno de los años experimentales las plántulas de ‘Rossol’, ‘Motelle’ y el híbrido a injertar ‘HA 3105’ a los tres días antes del injerto (3 dai), no presentaron diferencias significativas en la variable altura de la plántula. El portainjerto ‘Beaufort’, resultó significativamente superior en altura al resto de los genotipos, lo cual estuvo asociado a las características genéticas del cultivar (Tablas 6 y 7).

Tabla 6. Comportamiento morfológico de las plántulas de portainjertos e injerto, tres días antes de injertar (3dai). Año 1.

Tratamientos	Altura (cm)	Hojas (Nº)	D. Tallo (mm)
T1: ‘Rossol’ ¹	11,66 b	4,00 a	2,22 a
T2: ‘Motelle’ ¹	11,55 b	4,00 a	2,17 a
T3: ‘Beaufort’ ¹	12,99 a	4,00 a	2,15 a
T4: <i>S. torvum</i> ¹	8,30 c	2,23 b	1,63 b
T5: <i>S. globiferum</i> ¹	7,78 c	2,20 b	1,62 b
T6: ‘HA 3105’ (C) ²	11,00 b	4,00 a	2,19 a
ESx	0,12***	0,03***	0,01***
CV(%)	15,81	11,48	6,87

¹ Potainjerto ² Injerto. Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. (C): Control sin injertar; D. Tallo: Diámetro del tallo.

Tabla 7. Comportamiento morfológico de las plántulas de portainjertos e injerto, tres días antes de injertar (3dai). Año 2.

Tratamientos	Altura (cm)	Hojas (Nº)	D. Tallo (mm)
T1: 'Rossol' ¹	10,76 b	3,97 a	2,25 a
T2: 'Motelle' ¹	10,65 b	4,00 a	2,16 a
T3: 'Beaufort' ¹	11,99 a	4,00 a	2,21 a
T4: <i>S. torvum</i> ¹	7,75 c	2,15 b	1,67 b
T5: <i>S. globiferum</i> ¹	6,69 c	2,15 b	1,60 b
T6: 'HA 3105' (C) ²	10,77 b	4,00 a	2,22 a
ESx	0,13***	0,04***	0,01***
CV (%)	17,74	12,5	6,87

¹ Potainjerto ² Injerto. Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. (C): Control sin injertar; D. Tallo: Diámetro del tallo.

Con relación a las variables: número de hojas por plántula y diámetro del tallo, no se observaron diferencias significativas entre los portainjertos 'Rossol', 'Motelle', 'Beaufort' y el híbrido a injertar 'HA 3105'. Por su parte, los portainjertos *S. torvum* y *S. globiferum* manifestaron un crecimiento vegetativo significativamente inferior al resto de los tratamientos, expresado en las variables altura de la plántula, número de hojas y diámetro del tallo en los dos años estudiados (Tablas 6 y 7). Este resultado se relaciona con las características genéticas que presentan estas especies silvestres, caracterizadas según Ibrahim *et al.* (2001) por un bajo poder germinativo de las semillas y una lenta emergencia de las plántulas.

Este análisis concuerda con los resultados obtenidos por Korkakmaz (2006), quien observó que una reducción de la vitalidad de las semillas de portainjertos procedentes de solanáceas silvestres, provocó un efecto desfavorable sobre el crecimiento de las plántulas a injertar.

El estado fenológico de las plántulas es uno de los criterios a considerar para lograr un injerto herbáceo exitoso. Se valora como favorable para el injerto en el cultivo del tomate las siguientes características: entre dos a cuatro hojas verdaderas desplegadas (Oda, 1995); un diámetro del tallo de 1,8-2,6 mm y una altura de la plántula de 11-12 cm (Miguel *et al.*, 2007). Para las condiciones del presente trabajo, los valores de las variables morfológicas de los portainjertos ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’ (Tablas 6 y 7), se corresponden con los valores recomendados. En cambio, en los portainjertos silvestres *S. torvum* y *S. globiferum*, las variables morfológicas altura de la plántula y diámetro del tallo, mostraron valores inferiores a los recomendados por Miguel *et al.* (2007).

En los dos años de experimentos, las plántulas de los portainjertos ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’, así como el injerto ‘HA 3105’, no mostraron diferencias significativas en el diámetro del tallo a los (3 dai), requisito indispensable para lograr una unión exitosa del injerto. Sin embargo, el diámetro del tallo de *S. torvum* y *S. globiferum* fue significativamente inferior al del injerto ‘HA 3105’ (Tablas 6 y 7), resultado que indicó una respuesta varietal diferente, cuando se utilizaron portainjertos de especies botánicas distintas al injerto.

En el tratamiento control, la altura de la plántula fue significativamente superior al resto de los tratamientos a los 14 ddi, en cada año experimental. Las plántulas injertadas sobre *S. torvum* y *S. globiferum* presentaron valores significativamente inferiores al resto de los tratamientos en esta variable (Tabla 8).

Un comportamiento similar fue informado por Leonardi y Romano (2004), quienes observaron diferencias en el crecimiento de las plántulas de tomate injertadas, cuando se utilizaron portainjertos con escasa relación filogenética con la especie utilizada como injerto.

En la variable número de hojas por plántulas en cada uno de los años de experimentos, no se observó diferencia significativa en los tratamientos evaluados a los 14 ddi (Tabla 8), efecto que estuvo motivado por el adecuado desarrollo foliar del híbrido a injertar ‘HA 3105’ en el momento del injerto.

Tabla 8. Comportamiento morfológico de las plántulas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y el ‘HA 3105’ sin injertar a los 14 ddi.

Tratamientos	Año 1		Año 2	
	Altura (cm)	Hojas (Nº)	Altura (cm)	Hojas (Nº)
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	20,33 bc	4,87	20,22 bc	5,00
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	21,47 b	5,00	22,37 b	5,00
T3: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’	19,63 c	5,23	19,83 c	5,25
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	15,19 d	4,79	15,63 d	4,83
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	14,63 d	4,70	15,19 d	4,68
T6: ‘HA 3105’ (C)	24,30 a	5,00	25,02 a	5,00
ESx	0,28***	0,23 ns	0,26***	0,33 ns
CV(%)	19,66	16,74	18,50	12,74

Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey; ns: No significativa; (C): Control sin injertar.

Los portainjertos ‘Rossol’, ‘Motelle’, ‘Beaufort’ y el injerto ‘HA 3105’, no presentaron diferencias significativas en la variable diámetro del tallo, a los 14 ddi en cada año experimental, resultado que propició un adecuado índice de compatibilidad, con valores que oscilaron entre 1 y 1,01 (Tabla 9). Estos tratamientos compatibles indicaron una unión funcional exitosa entre portainjertos e injerto, permitiendo su continuidad vascular y un crecimiento satisfactorio de las plantas injertadas. Se comprobó que la variable diámetro del

tallo fue el indicador morfológico que proporcionó una excelente compatibilidad, representada en el Anexo 8, por el tratamiento compatible ‘HA 3105’/ ‘Rossol’.

Tabla 9. Comportamiento morfológico de las plántulas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y el ‘HA 3105’ sin injertar a los 14 ddi.

Tratamientos	Año 1					Año 2				
	DTP (mm)	DTI (mm)	ESx	CV (%)	DTP/DTI (mm)	DTP (mm)	DTI (mm)	ESx	CV (%)	DTP/DTI (mm)
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	3,77	3,77	0,07 ns	9,61	1,00 a	3,86	3,86	0,08 ns	9,75	1,00 a
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	4,03	4,04	0,06 ns	9,93	1,01 a	4,11	4,01	0,07 ns	9,89	1,01 a
T3: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’	3,63	3,62	0,07 ns	8,39	1,01 a	3,67	3,65	0,06 ns	8,59	1,01 a
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	2,59	4,24	0,03***	7,93	0,61 b	2,66	4,22	0,04***	7,86	0,63 b
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	2,56	4,14	0,03***	7,52	0,62 b	2,39	4,10	0,04***	7,79	0,58 b
ESx	-	-	-	-	0,03***	-	-	-	-	0,03***
CV(%)	-	-	-	-	10,37	-	-	-	-	15,37

Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. ns: No significativa; DTP: Diámetro del tallo del portainjerto; DTI: Diámetro del tallo del injerto; DTP/DTI: Índice de compatibilidad.

El diámetro del tallo de *S. torvum* y *S. globiferum* a los 14 ddi, resultó significativamente menor que el del ‘HA 3105’, con un índice de compatibilidad menor que la unidad, lo cual propició síntomas de incompatibilidad de tipo localizada en los dos años de estudio (Tabla 9).

La incompatibilidad de tipo localizada, manifestada en las combinaciones interespecíficas entre ‘HA 3105’/ *S. torvum* y *S. globiferum*, respectivamente, se caracterizó por una estructura débil de la unión, la marcada diferencia en el diámetro del tallo portainjerto e injerto y retardo en el crecimiento de las plántulas injertadas (Anexo 9).

Este resultado se corresponde con la caracterización realizada por Hartmann *et al.* (2002) quienes describieron que los síntomas de una incompatibilidad localizada, provocan una interrupción en la continuidad de los tejidos vasculares de xilema y floema, pérdidas de la regeneración vascular de los tejidos conductores, lo cual dificulta la translocación de

asimilados a través del injerto e influye negativamente sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas injertadas.

En la variable porcentaje de cicatrización, no se observó diferencia significativa a los 14 ddi en las plántulas del híbrido ‘HA 3105’ injertadas sobre los portainjertos ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’, en cada año de experimento. En estas combinaciones injerto/portainjerto, se logró una cicatrización exitosa, motivada por la afinidad botánica entre dichos genotipos (Figura 2).

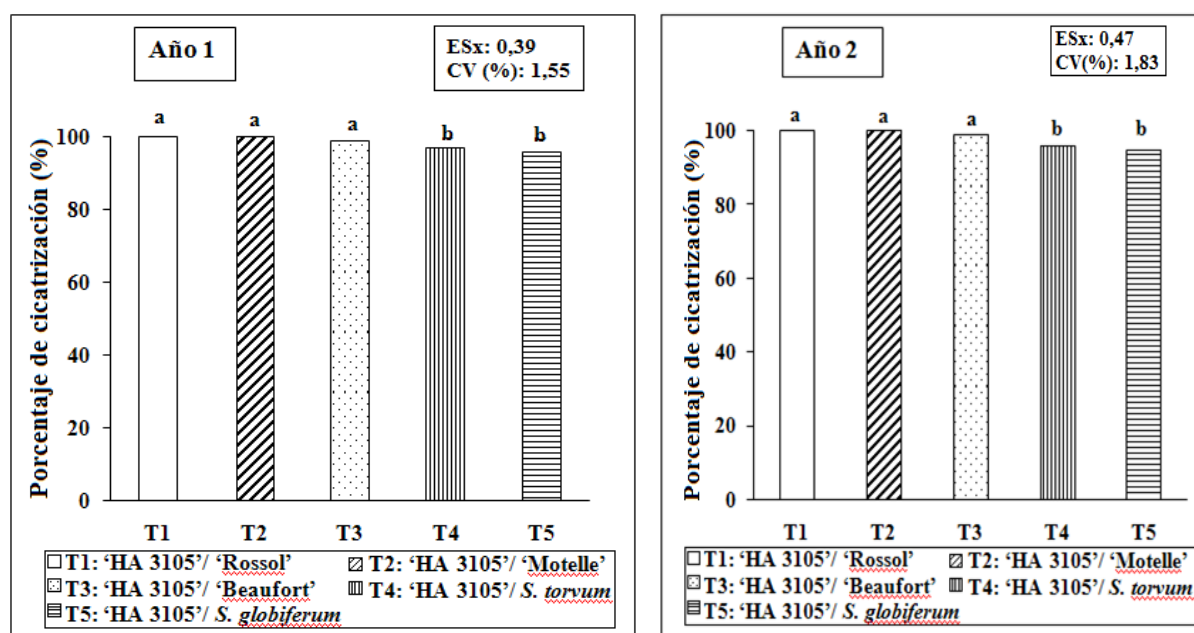


Figura 2. Porcentaje de cicatrización (%) a los 14 ddi de las plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados.

Medias con letras diferentes, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey.

Los injertos del híbrido ‘HA 3105’ sobre *S. torvum* y *S. globiferum*, lograron un porcentaje de cicatrización entre 95% y 97%, debido al contacto eficaz de la zona de cambium, proporcionado por el método de injerto utilizado (Figura 2).

En estudios previos fue informado que el método de injerto de púa propicia solidez en la zona de la unión, pues el corte se realiza entre toda la sección del tallo del injerto y del portainjerto.

Miguel *et al.* (1997). Respecto a la cicatrización del injerto, Pina y Errea *et al.* (2005)

señalaron que, la formación del tejido cicatrizante o de callo es una respuesta común a las heridas, que se produce incluso, en injertos incompatibles

Las condiciones ambientales controladas durante la fase de cicatrización, favorecieron el éxito del injerto. La temperatura media diaria se mantuvo entre 22-23 °C y la humedad relativa de 85-87% (Anexo 5), valores óptimos para el proceso de cicatrización del injerto, en plántulas de tomate injertadas con el método de púa terminal. Resultados similares al presente, fueron informados por Miguel (1997).

De igual modo, Miguel *et al.* (2007) informaron que el control de la humedad relativa y la temperatura durante la etapa de cicatrización de plántulas injertadas, son fundamentales para evitar la deshidratación de las plántulas y obtener un alto porcentaje de cicatrización, especialmente cuando se utiliza el método de púa, en la que el injerto es separado de sus propias raíces antes que se complete su unión con el portainjerto.

Kim *et al.* (2013) indicaron que, concluido el período de cicatrización, las plántulas deben ser sometidas a una aclimatación gradual de las condiciones ambientales. La temperatura media diaria y la humedad relativa son las variables meteorológicas más importantes en dicho período, pues inciden directamente en la deshidratación y transpiración de las plántulas, especialmente cuando se utilizan métodos, en que el injerto no conserva sus raíces y se debe proporcionar una temperatura media diaria entre 25-30 °C y una humedad relativa superior al 70%. En cada uno de los años del presente trabajo, los valores alcanzados en el área de aclimatación estuvieron dentro del rango establecido, resultado que favoreció el crecimiento y porcentaje de sobrevivencia de las plantas en condiciones de cultivo protegido (Anexo 5).

4.3. Comportamiento de las plantas de tomate injertadas sobre portainjertos resistentes a *Meloidogyne incognita* raza 2 en condiciones de cultivo protegido

4.3.1. Comportamiento agronómico de plantas de tomate injertadas sobre portainjertos seleccionados

Las plantas injertadas sobre ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’ lograron en cada año, valores de sobrevivencia de 100%, sin diferencias significativas al tratamiento ‘HA 3105’ (C). Este resultado estuvo motivado por la calidad agronómica lograda en las plantas injertadas sobre ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’, así como a su adecuada compatibilidad vegetativa con el híbrido ‘HA 3105’ (Figura 3). Los tratamientos sobre *S. torvum* y *S. globiferum*, a pesar de mostrar valores porcentuales de sobrevivencia significativamente inferiores, resultaron adecuados (> 90%) en cada año, respuesta que se corresponde con el porcentaje de sobrevivencia estimado para el injerto en tomate, según lo descrito por Camacho (2011b).

La baja mortalidad en los tratamientos sobre las especies silvestres *S. torvum* y *S. globiferum*, pudo estar asociada a su constitución genética, resistencia mecánica, rusticidad y adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas, atributos que caracterizan a dichos portainjertos y les permite sobrevivir, incluso, bajo condiciones incompatibles según Declert (1998).

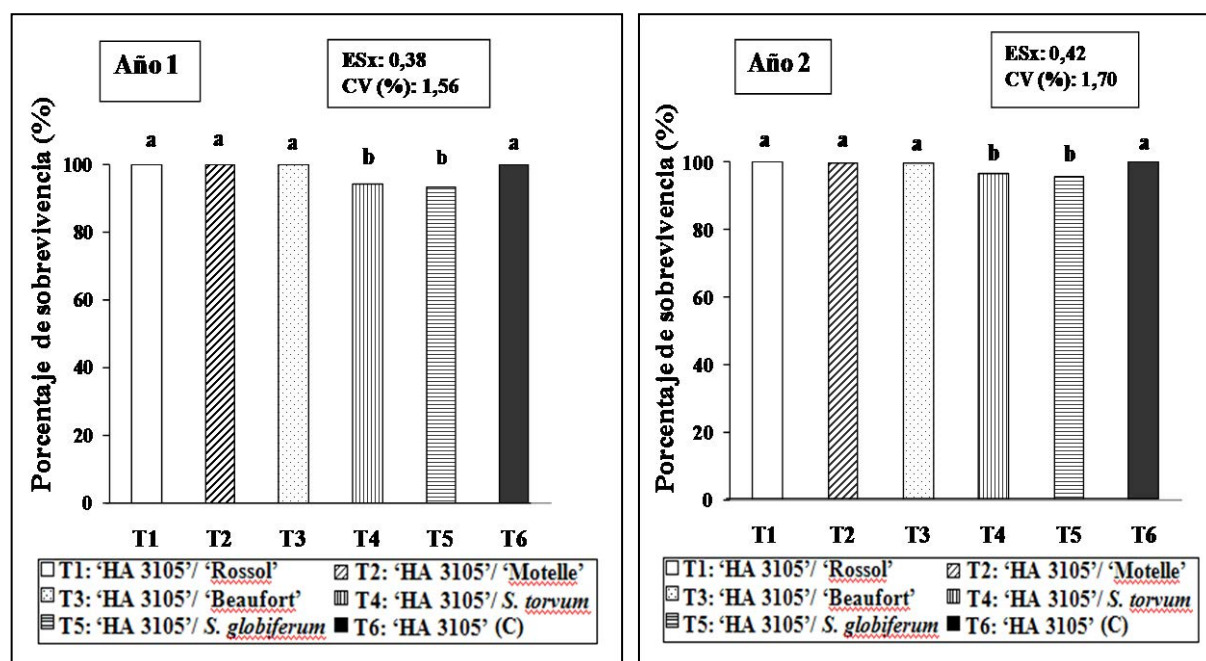


Figura 3. Porcentaje de sobrevivencia (%) de las plantas de tomate 'HA 3105' injertadas sobre portainjertos seleccionados y el 'HA 3105' sin injertar a los 7 ddt.

Medias con letras diferentes, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey.

En la variable número de días, desde el trasplante hasta la floración inicial, no se observaron diferencias significativas entre las plantas injertadas sobre 'Rossol', 'Motelle', 'Beaufort' y el híbrido 'HA 3105' sin injertar, en cada año experimental (Figura 4); solo difieren significativamente las plantas injertadas sobre *S. torvum*, *S. globiferum* y el control, en las cuales se prolongó esta etapa ontogénica con relación a dicho control. Este comportamiento fue debido al limitado desarrollo vegetativo de las plantas injertadas sobre las especies silvestres *S. torvum* y *S. globiferum*, así como a su incompatibilidad de tipo localizada con el híbrido 'HA 3105', manifestada desde la fase de plántula.

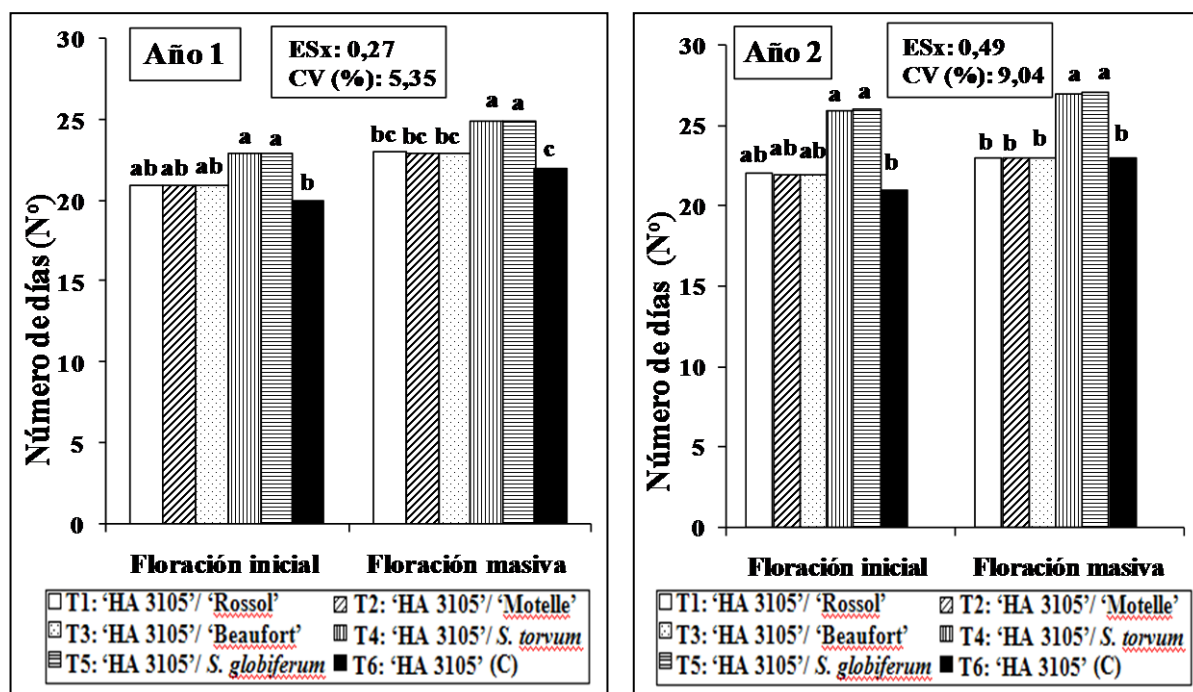


Figura 4. Número de días: trasplante-floración inicial y masiva de las plantas de tomate 'HA 3105' injertadas sobre portainjertos seleccionados y el 'HA 3105' sin injertar.

Medias con letras diferentes, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba no paramétrica de comparación múltiple de Kruskal Wallis.

Los injertos sobre 'Rossol', 'Motelle', 'Beaufort' y el tratamiento control, no presentaron diferencias significativas en el número de días del trasplante a la floración masiva, en los dos años de estudio. Este resultado permitió ratificar la compatibilidad vegetativa entre portainjertos e injerto, lo que denota, que el injerto del híbrido 'HA 3105' sobre estos portainjertos, no provocó desórdenes fisiológicos en las plantas, ni retardos en la floración masiva (Figura 4).

El número de días, entre el trasplante y la floración masiva en las plantas injertadas sobre *S. torvum* y *S. globiferum*, resultó significativamente superior al del resto de los tratamientos. El lento crecimiento de las plantas injertadas sobre *S. torvum* y *S. globiferum*, en el estado

temprano del desarrollo del cultivo, originó el retraso en la fecha de la floración masiva de estas plantas en ambos años. Este resultado coincide con lo informado por Peil y Gálvez (2004), quienes atribuyen que un retraso en el crecimiento inicial de la planta, puede propiciar un efecto negativo en la floración, cuajado y maduración de los frutos de los primeros racimos, así como menor precocidad del cultivo.

Bajo cultivo protegido, la variable altura de la planta no mostró diferencia significativa entre las plantas injertadas con ‘Rossol’, ‘Motelle’ y el control sin injertar ‘HA 3105’, en el primer año experimental, a los 66 ddt (Tabla 10). En el segundo año, el tratamiento sobre ‘Beaufort’ mostró el mismo nivel de significación estadístico que los tratamientos anteriores (Tabla 11).

Tabla 10. Comportamiento morfológico de las plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y el ‘HA 3105’ sin injertar en condiciones de cultivo protegido.

Año 1.

Tratamientos	Altura (cm)	Hojas (Nº)	22 ddt	44 ddt	66 ddt
			DTP/DTI (mm)	DTP/DTI (mm)	DTP/DTI (mm)
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	206,39 ab	27,89 ab	1,03 a	1,03 a	1,00 a
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	209,72 a	25,14 ab	1,02 a	1,04 a	1,03 a
T3: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’	202,28 b	26,75 ab	1,01 a	1,05 a	1,02 a
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	162,50 c	22,31 c	0,81 b	0,84 b	0,86 b
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	122,72 d	18,08 d	0,67 c	0,73 c	0,74 c
T6: ‘HA 3105’ (C)	210,67 a	29,50 a	-	-	-
ESx	0,78***	0,31***	0,39***	0,01***	0,01***
CV(%)	17,91	13,25	10,23	14,90	12,49

Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. DTP: Diámetro del tallo del portainjerto; DTI: Diámetro del tallo del injerto; DTP/DTI: Índice de compatibilidad; ddt: días después del trasplante; (C): Control sin injertar.

Tabla 11. Comportamiento morfológico de las plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y el ‘HA 3105’ sin injertar en condiciones de cultivo protegido.

Año 2.

Tratamientos	Altura (cm)	Hojas (N°)	22 ddt	44 ddt	66 ddt
			DTP/DTI (mm)	DTP/DTI (mm)	DTP/DTI (mm)
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	190,32 a	30,94 a	1,01 a	1,01 a	1,01 a
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	178,23 a	30,06 a	1,01 a	1,02 a	1,02 a
T3: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’	183,94 a	30,83 a	1,00 a	1,01 a	1,02 a
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	122,60 b	22,44 b	0,79 b	0,75 b	0,78 b
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	106,67 c	19,89 c	0,71 c	0,66 c	0,72 c
T6: ‘HA 3105’ (C)	187,92 a	30,83 a	-	-	-
ESx	0,83***	0,46***	0,01***	0,02***	0,01***
CV(%)	18,79	17,67	15,48	18,00	15,61

Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. DTP: Diámetro del tallo del portainjerto; DTI: Diámetro del tallo del injerto; DTP/DTI: Índice de compatibilidad; ddt: días después del trasplante; (C): Control sin injertar.

Las plantas injertadas sobre *S. torvum* y *S. globiferum* resultaron significativamente inferiores al resto de los tratamientos, en las variables altura de la planta en ambos años (Tablas 10 y 11).

La disminución de la altura de las plantas injertadas sobre estas especies silvestres, pudo estar motivada por la interrupción en la translocación de asimilados entre portainjertos e injerto incompatibles, como consecuencia de diferencias botánicas: intolerancia fisiológica a nivel celular, anatómica y bioquímica en injertos interespecíficos según lo señalado por Andrew y Marquez, (1993).

Con relación al número de hojas por planta, en cada año experimental, no se observó diferencia significativa entre las plantas injertadas sobre ‘Rossol’, ‘Motelle’, ‘Beaufort’ y el tratamiento control (Tablas 10 y 11). Las plantas injertadas sobre *S. torvum* y *S. globiferum*

resultaron significativamente inferiores al resto de los tratamientos, en la variable en estudio, con diferencias significativas entre sí (Tablas 10 y 11).

De forma general, en el segundo año experimental, las variables morfológicas altura de la planta y el número de hojas por planta en los injertos sobre 'Rossol', 'Motelle', 'Beaufort' y el control, resultaron inferiores con respecto al comportamiento obtenido en el primer año de estudio. Este resultado pudo estar asociado a un ligero incremento de la temperatura media diaria del aire (°C), superior en el orden de 3,7 °C, durante esta fase de desarrollo del cultivo. Estas observaciones concuerdan con lo planteado por Jaramillo *et al.* (2007), quienes informaron que la temperatura del aire es la principal variable meteorológica a considerar en las condiciones de cultivo protegido, donde tiende a aumentar, a nivel de las plantas, e incluso de un año a otro en una misma época de cultivo. El tomate es una planta sensible a cambios de temperaturas, cuyas consecuencias provocan reducción en la fotosíntesis y en la producción de biomasa, así como cambios morfológicos que afectan los procesos de crecimiento y desarrollo de esta especie.

El índice de compatibilidad resultó significativamente superior en las plantas injertadas del híbrido 'HA 3105' sobre los portainjertos 'Rossol', 'Motelle', 'Beaufort', a los 22, 44 y 66 ddt, con una adecuada compatibilidad ($DTP/DTI=1-1,05$) en cada año experimental, debido a la similitud en el diámetro del tallo de portainjertos e injerto (Tablas 10 y 11). La compatibilidad del injerto 'HA 3105', sobre 'Rossol', 'Motelle' y 'Beaufort' propició una unión exitosa, lo que promovió un crecimiento satisfactorio de las plantas. El éxito del injerto estuvo asociado a la similitud en el diámetro del tallo del portainjerto e injerto, variable morfológica que mostró un comportamiento similar en cada experimento, representado en la Figura 5, por una de las combinaciones compatibles 'HA 3105'/'Rossol'.



Figura 5. Injerto compatible en el tratamiento ‘HA 3105’/ ‘Rossol’

El resultado anterior coincide con lo informado por Miguel y Cebolla, (2005) y Miguel *et al.*, (2007) al señalar que las probabilidades de éxito del injerto se incrementan, cuando existe entre las especies afinidad botánica, morfológica, anatómica y fisiológica y los haces conductores de las dos plantas tienen diámetros semejantes, lo cual permite un adecuado funcionamiento y analogía de su savia.

Teniendo en cuenta los aspectos fisiológicos de un injerto compatible Yi *et al.* (2010) y Wang (2011), informaron que la secuencia de eventos estructurales y bioquímicos, durante las fases de cohesión entre portainjerto e injerto, se caracterizan por la formación o proliferación del callo, la diferenciación vascular y la producción de tejidos vasculares secundarios de xilema y floema, que propician una unión estable y funcional del injerto.

El índice de compatibilidad en los tres momentos evaluados resultó significativamente inferior en los injertos del híbrido ‘HA 3105’ sobre *S. torvum* y *S. globiferum*, debido a la diferencia en el diámetro de sus tallos (Tablas 10 y 11), lo que ratifica su incompatibilidad de tipo localizada (Figura 6).



Figura 6. Incompatibilidad de tipo localizada en los tratamientos (a) 'HA 3105'/ *Solanum torvum* y (b) 'HA 3105'/ *Solanum globiferum*

La incompatibilidad de tipo localizada, determinada en la presente investigación, entre el híbrido 'HA 3105' y los portainjertos silvestres *S. torvum* y *S. globiferum*, motivó un efecto negativo sobre el crecimiento vegetativo de las plantas en estos tratamientos (Figura 7). Este resultado concuerda con lo informado por Camacho (2011b) y Miguel *et al.* (2012), quienes observaron cambios fisiológicos que propiciaron pérdida de la actividad fotosintética, retardo en el crecimiento vegetativo, así como disminución de la producción y calidad del fruto.

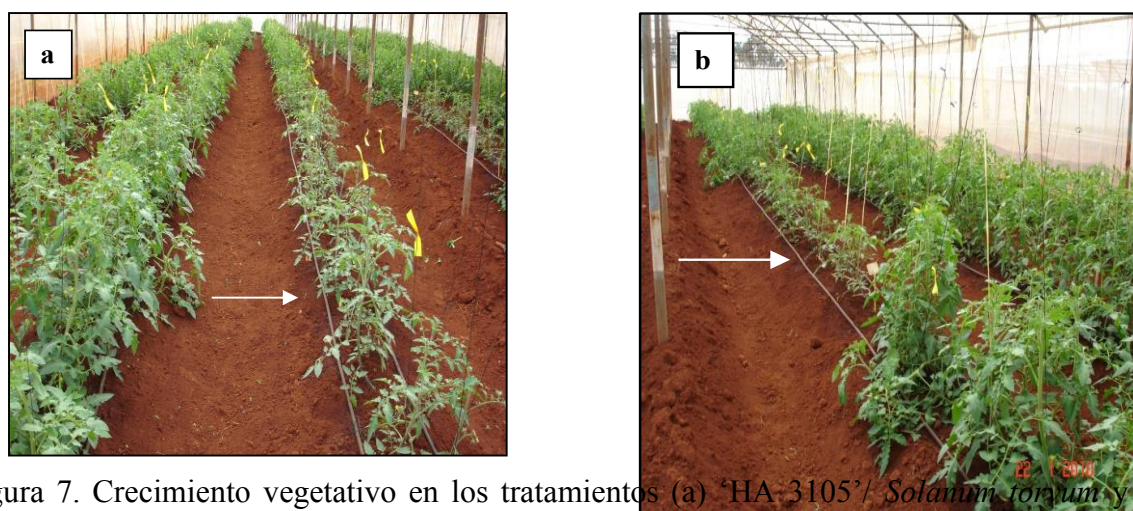


Figura 7. Crecimiento vegetativo en los tratamientos (a) 'HA 3105'/ *Solanum torvum* y (b) 'HA 3105'/ *Solanum globiferum* (22 ddt)

Las plantas injertadas sobre ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’ superaron significativamente al control sin injertar ‘HA 3105’ en la variable fructificación en cada año experimental; mientras que en el número de racimos por planta, no se observó diferencia significativa entre estos tratamientos (Tabla 12).

Tabla 12. Fructificación y principales componentes del rendimiento de plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y del ‘HA 3105’ sin injertar.

Tratamientos	Fructificación (%)		Racimos/planta (N°)		Frutos/planta (N°)		Masa media fruto (g)	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	80,33 a	88,98 a	7,50 a	7,00 a	49,40 a	41,87 a	159,64 a	159,30 a
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	78,49 a	87,76 a	6,72 a	6,50 a	46,55 ab	42,35 a	152,80 b	148,99 b
T3: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’	80,02 a	90,69 a	6,67 a	6,62 a	46,87 ab	34,68 b	153,82 b	156,16 a
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	46,37 c	66,10 c	4,33 b	3,72 b	27,40 c	23,79 c	115,71 c	96,33 c
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	41,05 c	68,94 c	4,22 b	3,28 c	22,06 d	16,01 d	108,59 d	82,42 c
T6: ‘HA 3105’ (C)	65,11 b	78,22 b	6,98 a	6,45 a	37,12 b	33,16 b	157,40 ab	146,77 b
ESx	1,68***	1,30***	0,21***	0,46***	1,58***	0,39***	1,33***	2,99***
CV (%)	15,36	17,01	12,36	17,64	27,94	21,69	15,29	23,22

Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. (C): control sin injertar.

En la variable número de frutos por planta, el tratamiento ‘HA 3105’/ ‘Rossol’ resultó significativamente superior al control en los dos años experimentales, pero en el primer año, no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos con ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’. En cambio en el segundo año los injertos con ‘Rossol’ y ‘Motelle’ no difieren significativamente entre sí, pero resultaron superiores al resto de los tratamientos (Tabla 12).

Con relación a la variable masa media del fruto, el tratamiento sobre ‘Rossol’ presentó igual nivel de significación que el control y superó al resto de los tratamientos evaluados en el primer año experimental, mientras que en el segundo los tratamientos con ‘Rossol’ y

‘Beaufort’, presentaron el mismo nivel de significación estadístico y fueron significativamente superiores al resto de los tratamientos (Tabla 12).

Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos por Peil y Gálvez (2004); Forns *et al.* (2007) y Pacheco (2012), quienes lograron mayores valores en los principales componentes del rendimiento de plantas injertadas de tomate sobre portainjertos comerciales de este cultivo.

Por otra parte, los injertos sobre *S. torvum* y *S. globiferum* mostraron valores significativamente inferiores al resto de los tratamientos, en las variables fructificación y componentes del rendimiento, en cada año experimental. Los menores valores de estos tratamientos estuvieron asociados a la ocurrencia de una incompatibilidad de tipo localizada entre portainjerto e injerto, evento que provocó alteraciones en el crecimiento, desarrollo y productividad de estas combinaciones.

En las variables producción de frutos por planta y rendimiento total, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos sobre ‘Rossol’ y ‘Beaufort’ en el primer año experimental, por su parte el tratamiento con ‘Rossol’ fue significativamente superior al resto de los tratamientos estudiados. Los injertos con ‘Motelle’, no presentaron diferencias significativas con el control en este año (Tabla 13).

Tabla 13. Producción de frutos por planta y rendimiento en plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y del ‘HA 3105’ sin injertar.

Tratamientos	Producción (kg.planta ⁻¹)		Rendimiento Total (t.ha ⁻¹)	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	7,99 a	7,18 a	148,34 a	136,71 a
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	7,07 b	6,59 ab	136,68 bc	129,64 ab
T3: ‘HA 3105’ / ‘Beaufort’	7,53 ab	5,56 b	145,40 ab	112,46 b
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	3,10 c	2,31 c	61,15 d	45,71 c
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	2,35 d	1,29 d	44,51 e	25,06 d
T6: ‘HA 3105’ (C)	6,10 b	6,02 b	135,15 c	107,67 b
ESx	0,53***	0,54***	10,33***	10,38***
CV (%)	29,08	27,72	29,10	27,44

Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. (C): Control sin injertar.

En el segundo año experimental, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos sobre ‘Rossol’ y ‘Motelle’, en las variables producción de frutos por planta y rendimiento total. El injerto sobre ‘Rossol’ superó significativamente al control y al resto de los tratamientos. (Tabla 13).

Los valores de rendimiento y producción de frutos por planta obtenidos en el tratamiento ‘HA 3105’/ ‘Rossol’, en los dos años de investigación, se consideran favorables para la tecnología, y se corresponden con el rendimiento esperado del cultivar de tomate híbrido ‘HA 3105’ sin injertar, alcanzado a nivel comercial en la producción de tomate bajo condiciones protegidas (Casanova *et al.*, 2003).

Los tratamientos con *S. torvum* y *S. globiferum* mostraron valores significativamente inferiores al resto de los realizados, en las variables de producción de frutos por planta y rendimiento total, con diferencias significativas entre sí en cada año experimental (Tabla 13).

Un comportamiento semejante fue informado por Ibrahim *et al.* (2001) y Miguel *et al.* (2012), en plantas de tomate injertadas sobre *S. torvum*.

El efecto de las plantas injertadas sobre el crecimiento, productividad y rendimiento del cultivo del tomate, estuvo relacionado con la composición genética del germoplasma utilizado como portainjerto y con la respuesta de las plantas frente a los eventos de compatibilidad o incompatibilidad localizada entre portainjertos e injerto.

Los criterios anteriores concuerdan con lo planteado por Aloni *et al.* (2008), al informar que eventos de incompatibilidad pueden causar pérdidas en el rendimiento del cultivo, al provocar interrupción en el crecimiento normal de la planta y trastornos fisiológicos que derivan en la reducción de la translocación, absorción e incorporación de asimilados fotosintéticos hacia los órganos reproductivos, afectación del sistema radicular, con una menor absorción de agua y nutrientes, así como a la falta de actividad de hormonas reguladoras endógenas en las plantas.

En el primer año experimental se lograron valores de producción de frutos por planta y de rendimiento total superiores al control, en el tratamiento híbrido 'HA 3105/ 'Rossol', resultado que se debió a un índice poblacional inicial de *M. incognita*, antes de la plantación del cultivo, inferior (IA=3,35 grado) al del segundo año de estudio (IA= 4,67 grado).

Numerosos autores informaron que una alta población inicial de nematodo al momento del trasplante, contribuye a una reducción significativa en el número y peso de los frutos por planta, así como se reduce el rendimiento y se acorta el ciclo del cultivo (Mekete *et al.*, 2003; Salazar –Antón). Esta aseveración es confirmada por Guzmán-Hernández (2013) quien señaló que altas densidades de *Meloidogyne* spp. no solo reducen el número de frutos del cultivo del tomate, sino que también afectan la calidad de los mismos.

El resultado anterior infiere la importancia de reducir la densidad del nematodo en pre-plantación, para lograr alcanzar rendimientos superiores del cultivo.

Con relación a la calidad del tomate, según su categoría comercial, no se observaron diferencias significativas en el rendimiento de frutos de la calidad extra, entre los injertos con ‘Rossol’, ‘Beaufort’ y el control en el año 1, mientras en el 2, ‘Rossol’ superó significativamente al control y al resto de los tratamientos. Las plantas injertadas sobre *S. torvum* y *S. globiferum* no presentaron frutos de calidad extra, en ninguno de los dos años evaluados (Figuras 8 y 9).

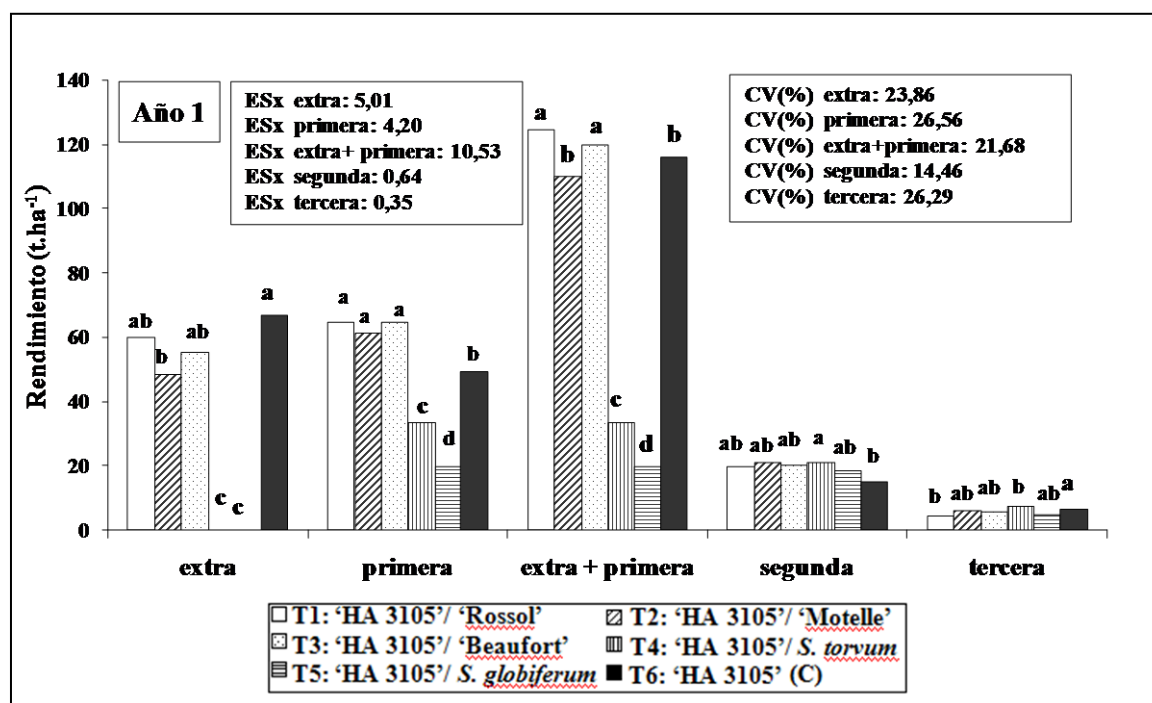


Figura 8. Comportamiento del rendimiento por calidades del fruto en plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y del ‘HA 3105’ sin injertar.

Medias con letras diferentes, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***), según la Prueba de Tukey.

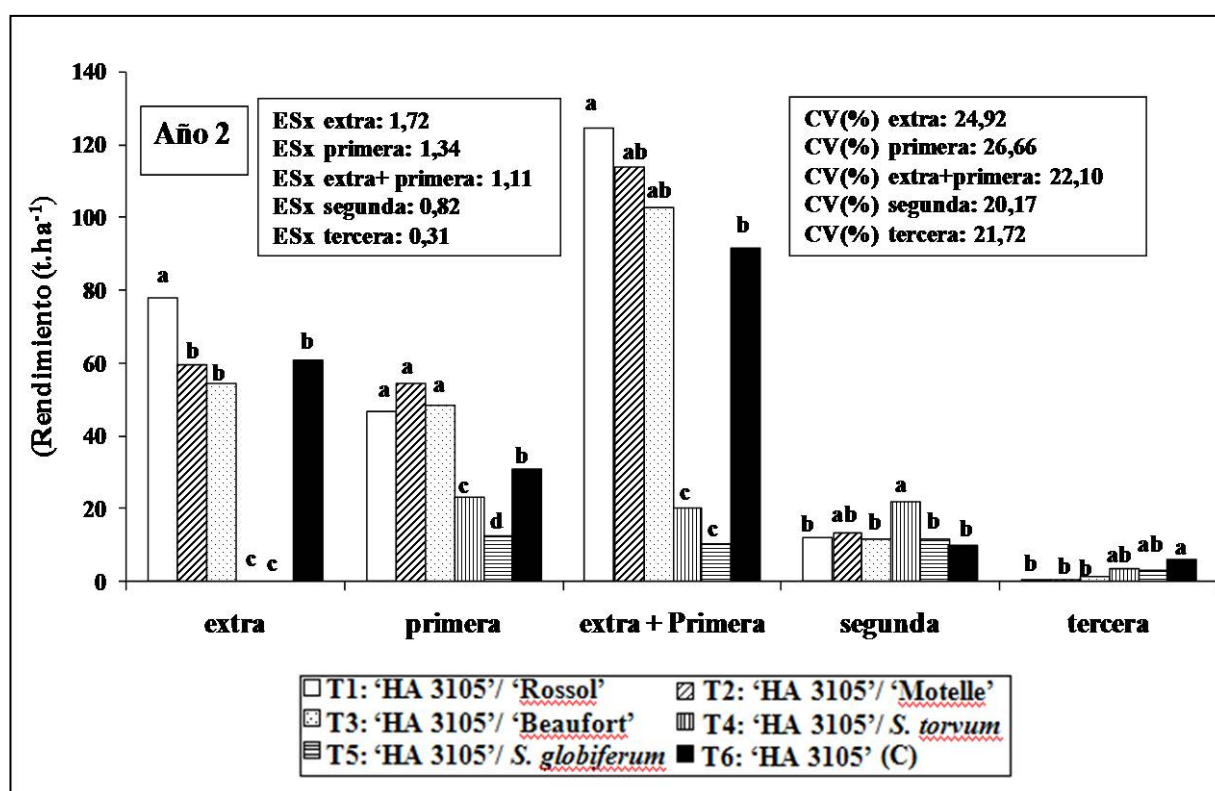


Figura 9. Comportamiento del rendimiento por calidades del fruto en plantas de tomate 'HA 3105' injertadas sobre portainjertos seleccionados y del 'HA 3105' sin injertar.

Medias con letras diferentes, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***), según la Prueba de Tukey.

Los tratamientos sobre 'Rossol', 'Motelle' y 'Beaufort' superaron significativamente al control en la variable rendimiento de frutos de primera calidad, sin diferencias significativas entre las mismas, pero sí difirieron del resto de los tratamientos. Los injertos con *S. torvum* y *S. globiferum*, presentaron los menores valores de rendimiento de primera categoría, con diferencias significativas entre sí en los dos años experimentales (Figuras 8 y 9).

Las plantas injertadas manifestaron diferentes respuestas, relacionadas con la calidad comercial del fruto. Este comportamiento estuvo motivado por las variadas combinaciones portainjerto-injerto utilizadas. La mayor producción de frutos de primera calidad podría estar vinculada al genotipo utilizado como portainjerto, resultado que coincide con lo informado por

Verdejo- Lucas y Sorribas (2008) y Öztekin *et al.* (2009), quienes observaron incrementos en la producción de frutos de primera categoría, en experimentos donde se utilizó como portainjertos a cultivares y portainjertos comerciales de tomate.

Con relación al rendimiento de frutos de calidad extra + primera en el año 1, los injertos sobre ‘Rossol’ y ‘Beaufort’, no mostraron diferencias significativas entre los mismos, pero sí difirieron con el resto de los tratamientos, mientras que en el año 2, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos con ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’. El tratamiento ‘HA 3105’/ ‘Rossol’ superó significativamente al control en el rendimiento de frutos de extra + primera en cada año experimental (Figuras 8 y 9).

Los tratamientos del híbrido de tomate ‘HA 3105’, injertado sobre los portainjertos ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’, lograron obtener rendimientos comerciales (extra + primera), favorables para la época de producción en estudio. Las plantas injertadas sobre *S. torvum* y *S. globiferum*, obtuvieron los menores valores de rendimiento de la calidad extra + primera, con diferencias significativas entre sí en el primer año de experimento (Figuras 8 y 9).

En el primer año experimental, el rendimiento de frutos de segunda categoría del tratamiento con *S. torvum* superó significativamente al control, sin embargo el resto de los tratamientos no presentaron diferencias significativas con el mismo. Los injertos con ‘Motelle’ y *S. torvum* no mostraron diferencias significativas en el rendimiento de frutos de segunda calidad, en el segundo año. En esta variable, el tratamiento control superó significativamente al del injerto sobre ‘Rossol’ y *S. torvum* en el año 1 y al de ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’ en el año 2, en la categoría de frutos de tercera (Figuras 8 y 9).

En las tablas 14 y 15 se aprecia el comportamiento de las variables de calidad externa e interna de los frutos. En el primer año de la investigación el injerto con *S. globiferum*, superó

al resto de los tratamientos en la variable sólidos solubles totales (SST). En el segundo año también superó de forma significativa al control y no mostró diferencias significativas con los injertos sobre *S. torvum*, ‘Motelle’ y ‘Rossol’.

Tabla 14. Comportamiento de la calidad externa e interna del fruto en plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y el control ‘HA 3105’ sin injertar. Año 1.

Tratamientos	SS (°Brix)	FF (kg)	GP (mm)	EEF (mm)	EPF (mm)	NL (N°)
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	3,99 d	6,07 ab	8,02 a	7,72 a	5,92 a	3,42 ab
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	4,27 c	6,41 a	8,04 a	7,75 a	5,91 a	3,46 ab
T3: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’	3,97 d	4,82 cd	7,93 a	7,02 ab	5,92 a	3,64 a
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	4,58 b	4,47 d	7,15 b	6,62 de	5,79 a	3,06 b
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	4,84 a	4,29 d	7,44 b	6,29 e	5,52 b	3,06 b
T6: ‘HA 3105’ (C)	4,60 b	5,47 bc	8,37 a	6,67 cd	5,38 b	3,40 ab
ESx	0,05***	0,10***	0,11***	0,04***	0,02***	0,02***
CV (%)	12,79	13,66	13,29	9,88	7,35	13,69

Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. SST: Sólidos solubles totales; FF: Firmeza del fruto; GP: Grosor del pericarpio; EEF: Eje o diámetro ecuatorial del fruto; EPF: Eje o diámetro polar del fruto; NL: Número de lóculos; (C): Control sin injertar.

Tabla 15. Comportamiento de la calidad externa e interna del fruto en plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas sobre portainjertos seleccionados y el control ‘HA 3105’ sin injertar. Año 2.

Tratamientos	SS (°Brix)	FF (kg)	GP (mm)	EEF (mm)	EPF (mm)	NL (N°)
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	4,98 ab	6,67 bc	8,46 ab	7,09 b	6,05 a	3,40 a
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	5,28 ab	6,92 b	9,33 a	7,02 b	5,94 a	3,26 ab
T3: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’	4,81 b	7,56 a	9,55 a	7,50 a	5,99 a	3,11 bc
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	5,26 ab	4,74 de	6,66 bc	6,39 c	5,80 a	3,15 bc
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	5,41 a	4,51 e	6,08 c	5,71 d	5,27 b	2,86 c
T6: ‘HA 3105’ (C)	4,74 b	5,79 cd	8,35 ab	6,75 bc	5,26 b	3,45 a
ESx	0,05***	0,13***	0,06***	0,04***	0,03***	0,04***
CV (%)	12,79	13,36	16,09	12,00	10,34	20,32

Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey. SST: Sólidos solubles totales; FF: Firmeza del fruto; GP: Grosor del pericarpio; EEF: Eje o diámetro ecuatorial del fruto; EPF: Eje o diámetro polar del fruto; NL: Número de lóculos; (C): Control sin injertar.

De forma general, los valores alcanzados en los sólidos solubles totales de los frutos de las plantas injertadas y sin injertar, se mantuvieron entre los rangos establecidos para el cultivo protegido del tomate (SST: 4-5 °Brix) lo cual coincide con lo informado por Prado (2003).

Con relación a los valores obtenidos en el comportamiento de la variable (SST), en los injertos sobre las especies silvestres *S. torvum* y *S. globiferum*, no se observaron cambios desfavorables en el contenido de los sólidos solubles totales de los frutos de tomate, lo que se corresponde con lo informado por Matsuzoe *et al.* (1996), en estudios de plantas de tomate injertadas sobre diversas especies silvestres del género *Solanum*, entre ellas *S. torvum*.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Oda *et al.* (1996) quienes informaron incrementos del contenido de SST en injertos con la especie silvestre *Solanum integrifolium*.

Por otra parte, Picardi *et al.* (2002) y Shagardsky (2006) informaron que las especies silvestres del género *Solanu*, representan una importante fuente de variabilidad genética para el mejoramiento de la calidad comercial del tomate, basado en el contenido de sólidos solubles totales y aseveraron que estas especies presentan frutos de alta calidad nutritiva.

Con relación a firmeza del fruto en el año 1, no se observó diferencia significativa entre los tratamientos con ‘Rossol’ y ‘Motelle’; sin embargo ‘Motelle’ superó de forma significativa al control. En el año 2 la variable en estudio, resultó significativamente superior en el tratamiento con ‘Beaufort’. Los menores valores de firmeza se obtuvieron en las plantas injertadas sobre *S. torvum* y *S. globiferum* en cada año, sin diferencias significativas entre sí (Tablas 14 y 15).

Los resultados anteriormente expuestos, demuestran el efecto positivo de los injertos con ‘Motelle’ y ‘Beaufort’ sobre la variable firmeza del fruto. Al respecto, Flores *et al.* (2010) señalaron que la influencia de los portainjertos en la firmeza del fruto, puede estar relacionada con una variación en la morfología celular, en la turgencia y en propiedades químicas y mecánicas de las paredes celulares de la fruta, como resultado de la síntesis creciente de las hormonas endógenas, con cambios en el estado hídrico y nutricional del vástago.

En cada uno de los años experimentales el grosor del pericarpio (GP), no presentó diferencia significativa entre los tratamientos con ‘Rossol’, ‘Motelle’, ‘Beaufort’ y el control. Las plantas injertadas sobre los portainjertos *S. torvum* y *S. globiferum*, no presentaron diferencias significativas entre sí; sin embargo, mostraron valores significativamente inferiores al resto de los tratamientos (Tablas 14 y 15).

En el primer año experimental la variable eje ecuatorial del fruto (EEF), no presentó diferencia significativa entre los tratamientos con ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’. En el segundo año de la investigación el tratamiento con ‘Beaufort’, superó de forma significativa al resto de los

tratamientos. Los menores valores del eje ecuatorial del fruto se observaron en los tratamientos con *S. torvum* y *S. globiferum*, sin diferencias significativas entre sí en el año 1, en cambio en el año 2, el tratamiento con *S. globiferum*, resultó significativamente inferior al resto de los tratamientos (Tablas 14 y 15).

Con relación a la variable eje polar del fruto (EPF), en cada uno de los años de la investigación, los tratamientos con ‘Rossol’, ‘Motelle’, ‘Beaufort’ y *S. torvum* no presentaron diferencias significativas entre sí; sin embargo, estos sí difieren de los injertos con *S. globiferum* y el control, los cuales mostraron los menores valores de esta variable (Tablas 14 y 15).

En la variable: número de lóculos por fruto, no se observó diferencia significativa entre los tratamientos sobre ‘Rossol’, ‘Motelle’, ‘Beaufort’ y el control. El injerto con ‘Beaufort’ superó de forma significativa a los injertos sobre *S. torvum* y *S. globiferum*, en el primer año experimental. En el segundo año, el tratamiento con ‘Rossol’ resultó significativamente superior a los injertos con ‘Beaufort’, *S. torvum* y *S. globiferum* en la variable en estudio (Tablas 14 y 15).

De forma general, en la presente investigación, la utilización de la técnica de injerto en el cultivo del tomate, no afectó la calidad del fruto. Las variables de calidad externa e interna de este fueron influenciadas por el portainjerto empleado. Estos resultados concuerdan con Miguel *et al.* (2007) quienes informaron que entre los atributos deseables que un portainjerto debe tener es que no modifique de forma negativa, la calidad del fruto.

Los resultados del análisis de componentes principales, con una correlación cofenética de un 98% se muestra en la tabla 16, donde se observan los valores propios de las dos primeras

componentes que permitieron explicar el 83,3% de la varianza total, de las relaciones entre las variables de calidad interna y externa del fruto, con el rendimiento total y su masa media.

La primera componente CP1, contribuyó con un 66,7% a la varianza total y las variables que mostraron una mayor contribución a la misma, están relacionadas con los atributos de calidad y del rendimiento del fruto (MMF T, RTO T, EEF, GP, NL, FF y EPF). Se destacó el alto nivel de correlación de la MMF con la componente uno. En menor medida se manifestó el aporte de SST a la componente. La segunda componente CP2 contribuyó con un 16,6% a la varianza total explicada. En este caso, los coeficientes del segundo vector propio indicaron el aporte de las variables SST y FF (Tabla 16).

Tabla 16. Resultados del Análisis de componentes principales (ACP). Correlaciones entre las variables originales y las dos primeras componentes.

Variables	CP 1	CP 2
SST	-0,6	0,72
MMF T	0,97	-0,04
RTO T	0,96	-0,14
EEF	0,93	0,02
GP	0,83	0,39
NL	0,78	-0,46
FF	0,77	0,60
EPF	0,62	0,25
Correlación cofenética= 0,980		

La figura 10 representa la distribución de los tratamientos evaluados. En la misma se aprecia una amplia dispersión, considerando que los tratamientos 4 y 5 formaron un grupo; sin embargo, el resto de ellos mostraron patrones de respuestas diferentes en los dos años estudiados, debido a la alta variabilidad del germoplasma empleado.

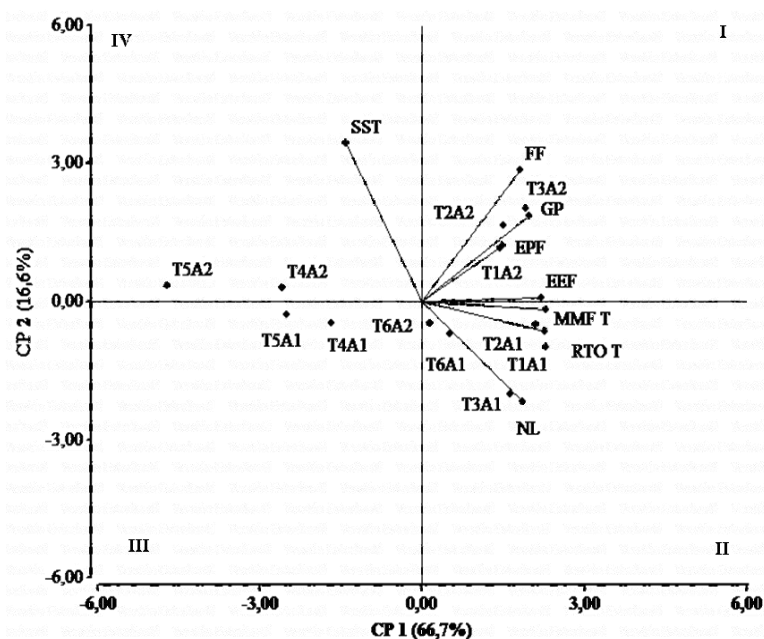


Figura 10. Representación gráfica Biplot de la dispersión de las variables rendimiento total, masa media del fruto y sus caracteres de calidad externa e interna, en plantas de tomate ‘HA 3105’ injertadas y sin injertar.

T1A1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’ Ambiente 1; T1A2: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’ Ambiente 2; T2A1: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’ Ambiente 1; T2A2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’ Ambiente 2; T3A1: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’ Ambiente 1; T3A2: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’ Ambiente 2; T4A1: ‘HA 3105’/ *S. torvum* Ambiente 1; T4A2: ‘HA 3105’/ *S. torvum* Ambiente 2; T5A1: ‘HA 3105’/ *S. globiferum* Ambiente 1; T5A2: ‘HA 3105’/ *S. globiferum* Ambiente 2; T6A1: ‘HA 3105’ (C) Ambiente 1; T6A2: ‘HA 3105’ (C) Ambiente 2; SST: Sólidos solubles totales; MMF T: Masa media del fruto; RTO T: Rendimiento total; EEF: Eje ecuatorial del fruto; GP: Grosor del pericarpio; NL: Número de lóculos; FF: Firmeza del fruto; EPF: Eje polar del fruto

Se destacó un grupo de tratamientos (T4: ‘HA 3105’/*S. torvum* y T5: ‘HA 3105’/*S. globiferum*) en ambos años de estudio (A1 y A2), delimitados a la izquierda de la figura (cuadrantes III y IV), donde se pueden apreciar los niveles más elevados en el contenido de SST, que varían entre 5,26 °Brix y 5,41 °Brix, corresponde este último valor al de las plantas injertadas sobre *S. globiferum* en el segundo año experimental, ubicado entre los puntos más

alejados del cuadrante III (Figura 10). Este tratamiento mostró los frutos de menor masa promedio (82,42 g) y bajo rendimiento total (25,06 t.ha⁻¹).

Los tratamientos con ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’ (T1, T2 y T3) en ambos años, se distribuyeron en mayor medida en el cuadrante I y II, denotados por la presencia de frutos grandes y rendimientos superiores, también se observó el mayor rendimiento total en el injerto sobre ‘Rossol’ (T1) en el año 1 con 148,34 t. ha⁻¹, ubicado en el segundo cuadrante (Figura 10).

Los niveles más bajos de SST se observaron en los tratamientos con ‘Rossol’ y ‘Beaufort’ (T1 y T3), en el año 1, este último, de menor valor (3,97), corresponde al injerto sobre ‘Beaufort’, ubicado entre los puntos más alejados del cuadrante II (Figura 10).

Se observó una correlación negativa entre las variables SST y el rendimiento total. Los tratamientos con *S. torvum* y *S. globiferum* (T4 y T5), lograron mayores concentraciones de sólidos solubles en ambos años y tuvieron los menores valores de rendimiento total. Estos resultados se deben a la composición genética del germoplasma utilizado como portainjerto. Varios cultivares de solanáceas silvestres se han caracterizado por tener altos valores de SST, que constituyen una fuente de variabilidad para la calidad del fruto y para la creación varietal del tomate (Rick, 1974).

Un comportamiento similar al obtenido, fue informado por González-Céspedes *et al.* (2004) y Nafarrate *et al.* (2010), en plantas de tomate injertadas sobre solanáceas silvestres, las cuales alcanzaron altas concentraciones de sólidos solubles y bajos valores en el rendimiento.

Se apreciaron los mayores valores de firmeza del fruto (FF), grosor del pericarpio (GP) y eje polar del fruto (EPF), en los tratamientos con ‘Beaufort’, ‘Motelle’ y ‘Rossol’, en el segundo año evaluativo, ubicado en el cuadrante I de la figura 10; mientras que, los injertos sobre *S.*

torvum y *S. globiferum*, mostraron los menores valores de las variables estudiadas, caracterizados por la presencia de frutos de pequeño tamaño.

Se produjo una correlación alta y positiva entre la (FP) con el (EPF) y el (GP) (Figura 10). La firmeza es uno de los atributos típicos utilizados para describir la textura del fruto, cuya calidad depende de la firmeza de la pulpa, la relación espesor de pericarpio/ tejido lobular y el estado de madurez del fruto, caracteres muy variables entre cultivares.

Se obtuvo una correlación positiva entre la masa media del fruto y los diámetros ecuatorial y polar del mismo (Figura 10). Este comportamiento concuerda con los resultados de González y Álvarez (1984), quienes informaron que la masa media del fruto tiene una correlación positiva y significativa con el eje ecuatorial del mismo, variables que también están asociadas con el rendimiento.

Se observó un mayor efecto de los ambientes en los vectores de mayor longitud, los cuales corresponden a las variables sólidos solubles totales (SST) y firmeza del fruto (FF). Estos resultados coinciden con lo planteado por Agong *et al.* (2000); Huitrón-Ramírez *et al.* (2009), quienes informaron dependencia de estas con el ambiente y con el genotipo utilizado.

Con relación entre las variables de calidad interna y externa del fruto, se consideró que estas estuvieron asociadas al genotipo empleado como portainjerto, a su adecuada combinación con el híbrido a injertar, a las condiciones ambientales y a las prácticas agronómicas exigidas durante el desarrollo del cultivo.

4.3.2. Comprobación de la resistencia a *M. incognita* raza 2 de portainjertos seleccionados para condiciones de cultivo protegido

Al inicio de los experimentos, los índices poblacionales de *M. incognita* raza 2, fueron estimados con una gradología de 3,35 (año 1) y 4,67 (año 2). Durante el primer año de la

investigación, bajo estas condiciones, todos los portainjertos mostraron diferentes grados de resistencia; sin embargo, en el segundo año, con un nivel inicial mayor de nematodos, el portainjerto comercial ‘Beaufort’ se comportó como susceptible, con una población final e índice de reproducción del nematodo solo superada significativamente, por el control susceptible (Tabla 17).

Tabla 17. Comportamiento de plantas injertadas sobre portainjertos seleccionados y el control ‘HA 3105’ sin injertar en condiciones de cultivo protegido frente a *M. incognita* raza 2.

Tratamientos	IA Escala (0-5)		PF (H-J ₂ /SR)		IR (%)		Reacción	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	0,44 c	2,26 c	31,00 c	44,00 d	0,04 c	0,03 d	AR	AR
T2: ‘HA 3105’/ ‘Motelle’	0,44 c	2,26 c	30,00 c	45,00 d	0,04 c	0,02 d	AR	AR
T3: ‘HA 3105’/ ‘Beaufort’	2,11 b	3,47 b	8361,00 b	40310,00 b	10,61 b	26,60 b	MoR	S
T4: ‘HA 3105’/ <i>S. torvum</i>	0,23 c	0,10 d	14,00 d	42,00 d	0,05 c	0,01 d	AR	AR
T5: ‘HA 3105’/ <i>S. globiferum</i>	0,33 c	1,19 c	43,00 c	163,00 c	0,21 c	2,50 c	AR	MR
T6: ‘HA 3105’ (C)	5,00 a	5,00 a	79167,00 a	151915,00 a	46,94 a	100,00 a	S	MS
ESx	0,29***	0,16***	0,40***	0,42***	0,24***	0,27***	-	-
CV (%)	138,00	138,00	201,00	179,00	186,00	176,00	-	-

IA: índice de agallamiento; PF: población final (H-J₂/SR): huevos-juveniles del segundo estadio/ sistema radical; IR: índice de reproducción; AR: altamente resistente; MoR: moderadamente resistente; S: susceptible; muy susceptible. (C): control sin injertar. Medias con letras diferentes, en una misma columna, indican diferencias significativas para $p \leq 0,001$ (***) según la Prueba de Tukey.

En cada año experimental, los tratamientos con *S. torvum*, *S. globiferum*, ‘Rossol’ y ‘Motelle’

alcanzaron los más bajos valores de población final e índice de reproducción del nematodo con diferencias significativas del resto de los tratamientos (Tabla 17). Estos genotipos mostraron alta resistencia a *M. incognita* raza 2 en condiciones de cultivo protegido, por lo que pueden ser útiles para regular sus poblaciones, siempre que agrónomicamente su comportamiento sea favorable.

Estos resultados coinciden con los informados por Guñes (1982); Corbett *et al.* (2011) y Miguel *et al.* (2012), quienes observaron resistencia en los genotipos ‘Rossol’, ‘Motelle’ y *S. torvum*, frente a otras poblaciones de *M. incognita*, bajo condiciones protegidas. En este sentido, Schaf (2007), identificó en el cultivar de tomate ‘Motelle’ genes con homología al gen (*Mi-1.1* y *Mi-1.2*) y detectó un gen regulador codificador de una glicotransferasa, glicoproteína que puede conferir resistencia a *M. incognita*.

En el cultivo del tomate, el gen *Mi* puede bloquear el desarrollo del nematodo en estados tempranos de la infección por el parásito y la variación de su reproducción en cultivares de tomates portadores del gen, lo cual está bien documentado internacionalmente. Al respecto Godzina, *et al.*, (2011), plantearon que los cultivares en estado alélico de homocigocis (*MiMi*), pueden presentar un nivel de expresión de resistencia significativamente superior a los genotipos que se encuentran en condiciones herocigóticas (*Mimi*).

El resultado del portainjerto ‘Beaufort’ en el segundo año experimental, mostró la susceptibilidad a *M. incognita* raza 2 de dicho genotipo, respuesta que también se observó en condiciones semi-controladas. Este comportamiento concuerda con lo informado por Cortada *et al.* (2008) quienes plantearon que el cultivar ‘Beaufort’ híbrido F1, con el gen *Mi-1* en estado alélico herterocigótico, en presencia de un alto índice poblacional de nematodos, afectó su expresión de resistencia en condiciones de cultivo protegido.

Otra causa de la inactivación del gen *Mi* puede ser por la presencia de una alta temperatura del suelo (> 28 °C) (Cortada *et al.*, 2009); pero en este estudio, esta variable, se mantuvo en 24,4 °C y 25,5 °C en año 1 y 2, respectivamente.

El híbrido ‘HA 3105’ sin injertar en cada año, manifestó el mayor índice de reproducción del nematodo. Este genotipo se comportó susceptible (S) en el año 1 y muy susceptible (MS) en el

2, difiriendo significativamente del resto de los tratamientos, según lo observado en la Tabla 17. La variación de la susceptibilidad a nematodo del ‘HA 3105’, en los dos años experimentales, estuvo relacionada con su sensibilidad frente a poblaciones crecientes de *M. incognita* raza 2. La sensibilidad de un hospedante no solamente depende de su genotipo, sino también de las densidades poblacionales del nematodo, entre otros factores (Cook y Starr, 2006; Sunil y Uma 2007).

Se analizó, además el comportamiento del índice de agallamiento (IA) (Tabla 17) y su relación con el rendimiento total del cultivo (Tabla 13). Se observó que en cada uno de los años, el tratamiento con el portainjerto ‘Rossol’, alcanzó un bajo índice de agallamiento y un alto rendimiento, con diferencias significativas con respecto al control sin injertar ‘HA 3105’. En el año 2 los tratamientos sobre ‘Motelle’ y ‘Rossol’ se comportaron de forma similar, sin diferencias significativas entre sí en el índice de agallamiento y el rendimiento; sin embargo, se destacó que ambos tratamientos superaron al control en estas variables.

El resultado anterior concuerda con lo informado por Mitidieri *et al.* (2011), quienes plantearon que el injerto sobre portainjertos de tomate resistentes a nematodos, es una tecnología que asegura la sanidad, sin afectar el rendimiento del cultivo.

En el segundo año experimental, el portainjerto ‘Beaufort’ manifestó menos daños en las raíces (menor IA) que el control susceptible ‘HA 3105’ y obtuvo un adecuado valor de rendimiento en presencia de una mayor densidad poblacional de nematodo, comportándose como tolerante a *M. incognita* raza 2.

Sobre el fenómeno de tolerancia, Cook y Evans (1987) informaron que este término es empleado para cuantificar el daño que sufre o no la planta ante poblaciones de nematodos, pero no es un término de resistencia. La tolerancia es la habilidad de una planta para crecer

satisfactoriamente en presencia de los nematodos, es decir, son aquellas plantas que presentan menos daños, frente a altas infestaciones de nematodos (Starr *et al.*, 2002).

El nivel de tolerancia de las plantas, es un elemento importante para la selección de nuevos portainjertos. De esto se deriva que el portainjerto ‘Beaufort’, considerado susceptible al ataque de *M. incognita* raza 2, no sea descartado de inmediato y que su uso deba ser valorado en dependencia del nivel de nematodos presentes en el suelo previo, a su trasplante.

El adecuado comportamiento agronómico el portainjerto ‘Beaufort’ pudo compensar las pérdidas de producción. Este resultado coincide con lo informado por Cortada *et al.* (2012) quienes observaron en sistemas agrícolas de producción intensiva un adecuado rendimiento de plantas de tomate injertadas sobre ‘Beaufort’ cuando se desarrollaron en suelos infestados por *Meloidogyne* spp.

Las plantas injertadas sobre los portainjertos *S. torvum* y *S. globiferum*, presentaron un índice de agallamiento significativamente inferior al tratamiento control en cada año experimental. Su rendimiento total también resultó inferior al resto de los tratamientos, con diferencias significativas (Tabla 17). El potencial productivo de las plantas injertadas sobre estos portainjertos silvestres fue menor al manifestarse una incompatibilidad de tipo localizada entre *S. torvum* y *S. globiferum* con el híbrido ‘HA 3105’ injertado (Tabla 13).

De forma general se pudo constatar que el comportamiento variable del rendimiento de las plantas injertadas y el control, en la presente investigación, se debió a los niveles poblacionales de nematodos en cada año experimental y los genotipos utilizados como portainjerto de tomate. Un comportamiento similar fue informado por Baixauli *et al.* (2008) y Öztekin *et al.* (2009), quienes también demostraron que el comportamiento agronómico de

plantas de tomates, injertadas y sin injertar, estaba relacionado con el grado de infestación del suelo por nematodo y el tipo de cultivar utilizado como portainjerto.

Este resultado también coincide con Lee *et al.* (1994), Ruiz *et al.* (1997) y Dieleman y Heuvelink, (2005), quienes manifestaron que uno de los factores que influyen en el rendimiento de las plantas de tomate injertadas es el adecuado estado fitosanitario de su sistema radicular, lo cual le confiere resistencia a la planta, eficiente absorción de agua y nutrientes, así como favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Teniendo en cuenta los resultados alcanzados en las etapas anteriores, se valoró realizar la evaluación económica integral del tratamiento sobre ‘Rossol’, fundamentado en su alto grado de resistencia a *M. incognita* raza 2, su compatibilidad con el híbrido comercial ‘HA 3105’, su adecuado comportamiento agronómico y productivo, así como su calidad en la producción y disponibilidad de semillas en el país.

4.4. Evaluación económica

El costo total de producción de una hectárea de tomate, bajo condiciones protegidas en la época de invierno, en los dos años experimentales, tuvo un comportamiento similar. Esta variable resultó superior en el tratamiento sobre ‘Rossol’ en relación con el control ‘HA 3105’ sin injertar; sin embargo, el valor de la producción en el tratamiento ‘HA 3105’/ ‘Rossol’ superó al control, debido al incremento del rendimiento de frutos de las calidades de extra y primera que se cotizan a mayores precios (Tablas 18 y 19).

En el tratamiento con ‘Rossol’ se observó en el año 1 alta eficiencia desde el punto de vista económico (Tabla 18), por cuanto proporcionó un adecuado retorno del capital invertido, expresado en una alta tasa de rentabilidad y un bajo costo por peso de producción. El beneficio económico fue superior en la variante injertada, con respecto al tratamiento control. El

indicador beneficio/costo (RVC) tuvo un ligero incremento en el tratamiento con ‘Rossol’; sin embargo, en ambos tratamientos los resultados mostraron valores altamente confiables ($> 1,5$), según la metodología descrita por la (FAO, 1984).

En la tabla 19 se ofrece el análisis económico realizado en el año 2, con los resultados productivos obtenidos en el tratamiento T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’ y el control sin injertar T6: ‘HA 3105’ (C). El tratamiento sobre ‘Rossol’ generó mayores valores de producción, rentabilidad y un menor costo por peso de producción que el tratamiento sin injertar.

En el año 2 el beneficio económico del tratamiento sobre el portainjerto ‘Rossol’ superó al control con valores totales de 263 999,59 y 146 653,24 CUP + CUC/ha, respectivamente. La variante injertada sobre ‘Rossol’ logró un incremento del 15 %, aportado por su beneficio económico. El indicador beneficio/costo (RVC) en el tratamiento T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’ mostró valores de mayor confiabilidad que el tratamiento control (Tabla 19).

Tabla 18. Evaluación económica. Año1.

Variables	Injerto	Control sin injertar
	T1: ‘HA 3105’/ ‘Rossol’	T6: ‘HA 3105’ (C)
Rendimiento		
Calidad extra (t.ha ⁻¹)	59,95	66,63
Calidad primera (t.ha ⁻¹)	64,64	49,19
Calidad segunda (t.ha ⁻¹)	19,55	14,79
Total (t.ha ⁻¹)	144,14	130,61
Valor producción (CUC/ha)	484 810,00	456 996,00
Costo total (CUP + CUC/ha)	226 734,41	221 220,76
Costo/ peso (CUP + CUC/ha)	0,47	0,48
Beneficio neto (CUP + CUC/ha)	258 075,59	235 775,24
% de Beneficio	53,23	51,59
Beneficio/costo (RVC)	2,14	2,06
Tasa de rentabilidad (%)	113,82	106,57

Tabla 19. Evaluación económica. Año 2.

Variables	Injerto	Control sin injertar
	T1: 'HA 3105'/'Rossol'	T6: 'HA 3105' (C)
Rendimiento		
Calidad extra (t.ha ⁻¹)	78,02	60,82
Calidad primera (t.ha ⁻¹)	46,49	30,97
Calidad segunda (t.ha ⁻¹)	11,79	9,76
Total (t.ha ⁻¹)	136,30	101,55
Valor de producción (CUC/ha)	490 734,00	367 874,00
Costo total (CUP + CUC/ha)	226 734,41	221 220,76
Costo/ peso (CUP + CUC/ha)	0,46	0,60
Beneficio neto (CUP + CUC/ha)	263 999,59	146 653,24
% de Beneficio	53,80	39,86
Beneficio/costo (RVC)	2,16	1,66
Tasa de rentabilidad (%)	116,43	66,29

De forma general en cada año el beneficio neto económico se debe al aumento del rendimiento comercial de los frutos de las calidades de extra y primera, que justifican el incremento del valor de la producción (CUC/ha), unido a un menor costo por peso de producción en el tratamiento T1: 'HA 3105'/'Rossol'.

Por estas razones, la nueva propuesta del portainjerto 'Rossol' resistente a *M. incognita* raza 2, permitió optimizar y elevar la eficiencia económica en el cultivo protegido del tomate, como táctica fitotécnica fundamental dentro del manejo integrado de nematodos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

5. CONSIDERACIONES FINALES

En Cuba y en varios países de la región, se incrementó el interés por el desarrollo de la tecnología del injerto herbáceo como alternativa al Bromuro de Metilo (BM), para el control de plagas en el tomate, que se produce en sistemas de cultivo protegido. La existencia, distribución y daños de *Meloidogyne* spp. en el cultivo protegido del tomate en Cuba, el alto nivel de susceptibilidad de los híbridos empleados, conjuntamente con la disminución del rendimiento en áreas afectadas por nematodos bajo esta tecnología (Rodríguez *et al.*, 2005, Navarro *et al.*, 2009; Gómez., *et al* 2009, 2012), originaron la demanda del desarrollo de la presente investigación.

La variabilidad en la respuesta frente a *M. incognita* raza 2 observada en los genotipos estudiados en condiciones semi-controladas, fue atribuida en gran medida, a la composición genética de los cultivares y a los niveles poblacionales crecientes de nematodos en los sustratos. La comprobada resistencia a *M. incognita* raza 2 de *S. torvum*, *S. globiferum*, ‘Rossol’ y ‘Motelle’, condujo a la selección de estos genotipos como posibles candidatos a portainjertos de tomate.

Se identificaron por primera vez en Cuba, nuevas fuentes de resistencia a *M. incognita* raza 2, en *S. eriathum* y *D. stramonium*; sin embargo, las características biológicas de dichos genotipos, no cumplieron con las exigencias agronómicas para ser sometidos al proceso de injerto como potenciales candidatos a portainjertos para el cultivo del tomate.

Las diferencias observadas en el grado de resistencia del portainjerto ‘Beaufort’, motivada por el incremento del nivel poblacional de *M. incognita* raza 2, provocó cambios en la respuesta de moderadamente resistente a susceptible, lo que ratificó la susceptibilidad de este genotipo

frente a densidades superiores de nematodos, comportamiento que coincide con lo informado por Cortada *et al.* (2008).

Teniendo en cuenta que la calidad agronómica de las plántulas a injertar es un factor importante para lograr el éxito del injerto, representado por una unión estable y funcional entre portainjerto e injerto, que permite una adecuada reestructuración de la continuidad vascular, así como un crecimiento y desarrollo normal de la planta injertada. Se efectuó el estudio en esta fase, donde el crecimiento observado en las plántulas en cada año experimental, indicó la existencia de una respuesta varietal diferente a las condiciones de manejo, utilizadas para la obtención de éstas y la necesidad de adoptar medidas culturales adecuadas para ajustar el desarrollo de portainjertos híbridos interespecíficos ‘Beaufort’, que se caracterizan por un bajo poder germinativo de las semillas y lenta emergencia de las plántulas.

Un crecimiento vegetativo inferior al del híbrido a injertar ‘HA 3105’ fue observado en los portainjertos silvestres *S. torvum* y *S. globiferum* los cuales, a pesar de realizar su siembra de manera anticipada (10 días antes), no lograron sincronizar su germinación con la del híbrido ‘HA 3105’, lo cual propició un crecimiento no uniforme entre dichos portainjertos y el injerto ‘HA 3105’, lo que repercute de forma negativa sobre el éxito del injerto.

La altura de las plántulas y el diámetro del tallo, se consideraron variables morfológicas de calidad de las plántulas a injertar. Generalmente el portainjerto debe ser una plántula de consistencia firme y no etiolada, para que la zona de la unión no quede próxima al suelo, con el fin de evitar el contacto con el suelo del híbrido injertado, denominado franqueo. A su vez, el injerto también debe tener una constitución firme y las dimensiones de altura de la plántula y diámetro del tallo deben ser similares al portainjerto. El diámetro del tallo de las plántulas a

injertar fue el indicador morfológico más importante para lograr un adecuado índice de compatibilidad portainjerto-injerto.

De manera general, en el proceso de obtención de plántulas a injertar se debe garantizar un desarrollo vegetativo similar portainjerto-injerto, exigencias que fueron cumplidas en los genotipos ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’, que les permitió una adecuada cicatrización y compatibilidad con el híbrido ‘HA 3105’. Un desarrollo vegetativo inferior fue observado en los portainjertos silvestres *S. torvum* y *S. globiferum*, los cuales manifestaron a partir de los 14 ddi los primeros síntomas de incompatibilidad localizada con el híbrido ‘HA 3105’.

Al argumentar el significado de la incompatibilidad del injerto con criterios fisiológicos Mosse (1962); Andrews y Marquez, (1993) definieron este fenómeno como el fracaso, inmediato o tardío, para la formación de las conexiones vasculares funcionales de xilema y floema entre el portainjerto y el injerto, motivado por una intolerancia celular fisiológica, causada por el desarrollo de metabolitos o causas anatómicas.

La incompatibilidad está relacionada principalmente con las diferencias genéticas entre el portainjerto y el injerto, materiales vegetales que son responsables de un sistema fisiológico, anatómico y bioquímico totalmente diferente, que permite la interrupción o tardanza en el desarrollo de la nueva planta injertada.

Un contacto eficaz entre portainjerto e injerto, se logró mediante el adecuado manejo ambiental, durante la fase de cicatrización y aclimatación, exigencia fundamental para el método de púa terminal adoptado en la presente investigación.

Este resultado confirma lo señalado por Kleinhenz (2011) y Goldschmidt (2014), quienes informaron que la afinidad botánica, la similitud en el diámetro del tallo del portainjerto e

injerto y las condiciones ambientales óptimas durante el período de cicatrización, son considerados factores fundamentales que contribuyen al éxito del injerto.

En cada año experimental, el comportamiento de las plántulas post-injerto se relacionó de forma directa con el estado de desarrollo de las mismas en el momento del injerto. En los tratamientos injertados sobre *S. torvum* y *S. globiferum*, se observaron numerosos síntomas de incompatibilidad de tipo localizada, lo cual incidió de forma negativa sobre el crecimiento vegetativo, la floración del cultivo y la producción de estos tratamientos.

La compatibilidad alcanzada en los tratamientos con ‘Rossol’, ‘Motelle’ y ‘Beaufort’, repercutió de forma favorable sobre la fructificación (%), número de frutos por planta, producción (kg.planta⁻¹) y el rendimiento (t.ha⁻¹), destacándose significativamente en cada año, el tratamiento sobre el portainjerto ‘Rossol’.

El comportamiento de las plantas en condiciones de cultivo protegido, demostró que el desarrollo vegetativo y reproductivo de un cultivo injertado, es el resultado de la interacción de múltiples factores, entre ellos los relacionados con el cultivar, la combinación portainjerto-injerto, el nivel de infestación del suelo por nematodos, así como el manejo agronómico y edafoclimático, cuya acción simultánea pudo favorecer o limitar la producción del cultivo y la calidad de la producción.

Se produjeron efectos favorables del injerto sobre la concentración de sólidos solubles totales, la firmeza, el grosor del pericarpio y el eje polar del fruto, lo que ratifica que el injerto representa una alternativa agronómica que mejora la calidad de los frutos de tomate.

Con respecto al efecto del injerto sobre la calidad de los frutos, Nicoletto *et al.* (2012) informaron que los cambios ocurridos en sus propiedades, son el resultado de la translocación de metabolitos asociados con la calidad de los frutos, a través del xilema o producto de

modificaciones provocadas en los procesos fisiológicos del injerto. Las características internas y externas de los frutos pueden estar influenciadas por el genotipo utilizado como portainjerto, las combinaciones portainjerto-injerto y su grado de compatibilidad.

Otros autores como Yousset *et al.* (2010) informaron que los cambios ocurridos en los parámetros internos y externos de la calidad de los frutos, pueden estar también atribuidos al sistema de producción utilizado, al manejo agronómico, a las condiciones ambientales y a los factores pre y postcosechas que inciden en la investigación.

Se confirmó la alta resistencia a *M. incognita* raza 2 del portainjerto ‘Rossol’ en condiciones de cultivo protegido, se comprobó su alta eficacia en la inhibición de la reproducción del nematodo, por lo que se recomienda para ser utilizado en los sistemas de producción protegidas de hortalizas en Cuba, para la regulación y manejo de las poblaciones de nematodos.

En cambio, los portainjertos *S. torvum* y *S. globiferum*, a pesar de presentar resistencia al nematodo, su potencial productivo fue inferior al evidenciar incompatibilidad de tipo localizada con el híbrido ‘HA 3105’ injertado, por lo que no se recomienda la utilización de estos genotipos como potenciales portainjertos para el cultivo del tomate.

Se obtuvo una producción favorable en el tratamiento injertado sobre el portainjerto ‘Beaufort’; sin embargo, el alto nivel de reproducción del nematodo en dicho portainjerto en el segundo año experimental, indicó que dicho genotipo solo podrá ser plantado en suelos con bajos niveles poblacionales de nematodo ($IA \leq 2$).

Al respecto, Cortada *et al.* (2012) plantearon que, el uso de portainjertos de tomate no resistentes y que presentan tolerancia al nematodo, provoca importantes repercusiones epidemiológicas debido al incremento progresivo y continuado del inóculo en el suelo, el cual

puede influir de forma negativa sobre la durabilidad de la resistencia. Esta repercusión puede ser mayor en sistemas de producción intensiva, que se caracterizan por la realización de dos o tres cultivos al año con cortos períodos de descanso entre ellos.

El adecuado comportamiento agronómico y productivo de las plantas injertadas sobre el portainjerto ‘Rossol’, su alto grado de resistencia a *M. incognita* raza 2, así como la posibilidad de reproducción de sus semillas y otros atributos anteriormente mencionados, permitieron la revalorización de este cultivar, empleado durante años como tomate de industria, con un nuevo valor añadido, que es la posibilidad de su uso como portainjerto en la tecnología de cultivo protegido de tomate en Cuba.

La evaluación económica integral de los resultados, demostró que el tratamiento con el portainjerto ‘Rossol’, logró un beneficio económico superior y un menor costo/peso de producción que el tratamiento control sin injertar, en lo cual influyó un aumento del rendimiento comercial de frutos de las calidades extra y primera, que justifican el incremento del valor de la producción en dicho tratamiento (CUC/ha).

Los resultados económicos, agronómicos, productivos y de calidad de los frutos obtenidos en la presente investigación, avalan desde el punto de vista científico y técnico, utilizar la táctica del injerto herbáceo en el nuevo programa de manejo integrado de plagas para la producción protegida del cultivo del tomate en el país.

Estos resultados se validaron en las Empresas de Cítricos de: Ceiba en la provincia de Artemisa y Ceballos en la provincia Ciego de Ávila, donde se ratificó la potencialidad del portainjerto ‘Rossol’, debido a su resistencia comprobada a nematodo *Meloidogyne* spp. según los trabajos desarrollados por González y Pérez (2010), Céspedes- Perera *et al.*, (2012).

Los resultados alcanzados corroboraron la importancia del injerto herbáceo como táctica fitotécnica para el manejo de nematodo *M. incognita* raza 2 en la producción protegida de tomate en Cuba, lo que permitió modificar la metodología cubana para la realización del injerto herbáceo en tomate.

Entre los principales aportes del presente trabajo a la metodología de injerto herbáceo en el cultivo del tomate, resalta la inclusión del portainjerto ‘Rossol’, fundamentado en sus atributos de resistencia a *M. incognita* raza 2, su compatibilidad con el híbrido ‘HA 3105’, así como su alta productividad y factibilidad económica. Se promueve la utilización del portainjerto ‘Motelle’, argumentado en sus particularidades de resistencia a *M. incognita* raza 2, compatibilidad con el híbrido ‘HA 3105’ y adecuados rendimientos. El portainjerto ‘Beaufort’, puede ser empleado también, en el programa de Manejo Integrado de Nematodos; sin embargo, se debe utilizar solo para plantaciones en suelos con bajos niveles poblacionales de nematodo ($IA \leq 2$). Se recomienda no utilizar a *S. torvum* y *S. globiferum* como portainjertos de tomate por cuanto manifestaron una incompatibilidad de tipo localizada, bajos rendimientos agrícolas y baja calidad en la producción.

Esta metodología está incluida en el programa de Manejo Integrado de *Meloidogyne* spp. en hortalizas producidas en sistemas de cultivos protegidos. La misma fue aplicada en los Centros de Injerto Herbáceo (CIH) de las unidades de cultivo protegido de hortalizas ubicados en las Empresas de Cítricos de: Ceiba en la provincia Artemisa y Ceballos en la provincia Ciego de Ávila.

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. Los genotipos 'Rossol', 'Mottelle', 'Beaufort', *Solanum torvum* y *Solanum globiferum* expresaron diferentes niveles de resistencia a la población cubana de *Meloidogyne incognita* raza 2; sin embargo, 'Beaufort', ante altas poblaciones del nematodo, pierde este atributo.
2. La accesión nacional del genotipo silvestre *Solanum erianthum* mostró resistencia y *Datura stramonium* expresó inmunidad a *M. incognita* raza 2.
3. *Solanum torvum* y *Solanum globiferum* presentaron incompatibilidad de tipo localizada con el híbrido de tomate 'HA 3105', desde la fase de plántula, que propiciaron un menor crecimiento vegetativo y rendimientos inferiores a otras combinaciones portainjerto- injerto.
4. Los portainjertos 'Rossol', 'Mottelle' y 'Beaufort' lograron una adecuada compatibilidad con el híbrido 'HA 3105', a partir de la fase de plántula; sin embargo, 'Rossol' superó al control no injertado 'HA 3105', en rendimiento total y calidad de la producción.
5. El injerto del híbrido 'HA 3105'/'Rossol' permitió obtener mayores volúmenes de producción, ganancias y relaciones Beneficio/Costo superiores a los obtenidos en el tratamiento sin injertar 'HA 3105' lo que demuestra su factibilidad económica.

7. RECOMENDACIONES

7. RECOMENDACIONES

1. Generalizar el empleo del cultivar ‘Rossol’ como portainjerto del híbrido de tomate ‘HA 3105’, entre las alternativas para el manejo de *Meloidogyne incognita* raza 2 en los Centros de Injerto Herbáceo de las Empresas de Cítrico Ceiba, provincia Artemisa y Ceballos provincia de Ciego de Ávila y validarlo en el resto los Centros de Injerto Herbáceo de las unidades de cultivo protegido del país.
2. Incorporar a la metodología de injerto herbáceo en tomate de Cuba, los aportes derivados de la presente investigación.
3. Continuar el estudio de la resistencia a otras especies y razas de *Meloidogyne* spp. en portainjertos de tomate, para los sistemas de producción protegida de este cultivo en Cuba.
4. Continuar el estudio de nuevos avances en el orden agronómico para el desarrollo del injerto herbáceo en la producción protegida de tomate.
5. Incorporar en los programas de mejora para resistencia a *M. incognita* raza 2 del cultivo del tomate en Cuba, la especie silvestre *Solanum elaeagnifolium*, por su resistencia a esta plaga.
6. Introducir los resultados obtenidos en los programas de estudios de pre y postgrado de la carrera de Ingeniero Agrónomo en las universidades del país.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abad, P., Favery, B., Marie-Noëlle R. y Castagnone-Sereno, P. 2003. Root-knotematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, (4): 217–224.
2. Abdella, E. 2012. Development of specific molecular markers for virulence rootknot nematodes of *Meloidogyne* species against the tomato resistance gene *Mi*. Beni-Suef University. *Journal of Applied Sciences*, 1 (1): 86- 96.
3. Agong, S. G., Schitenhelm, S. y Friedt, W. 2000. Genotypic variation of keyan tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) germplasm. *Plant Genetic Resources Newsletter*, (123): 61-67.
4. Alfonso, María M. 2000. Obtención de agroquímicos naturales para el manejo integrado de plagas. En: Informe Final de Proyecto. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), 30 p.
5. Aloni, B., Karni, L., Gila, D., Levin, Z., Cohen, R., Katzir, N., Lotan-Pompan, Maya, Edelstein, M., Akta, H., Turhan, E., Joel, D. M., Horev, Carmella y Kapulnik, Y. 2008. possible mechanisms for graft incompatibility between melon scions and pumpkin rootstocks *Acta Hort.*, (2): 313-323.
6. Aloni, B., Cohen, R., Karni, L., Aktas, H., Edelstein, M. 2010. Hormonal signaling in rootstock interactions. *Scientia Horticulturae*, 127 (2): 119-126.
7. Andrews, P. K. y Marquez, C. S. 1993. Graft incompatibility. *Horticultural reviews*, (5): 183-232.
8. Anzueto, F. 1993. Etude de la resistance du cafeier (*Coffea* spp.) a *Meloidogyne* spp. et *Pratylenchus* spp. These présentéee devant: L Ecole Nationale Superieure Agonomique de

Rennes pour obtenir Le Titre de Docteur de L'Ensar. Laboratoire de Nematologie CIRAD-IRFA: 123 p.

9. Aranguren, E. 2013. Proceso inversionista que garantiza la optimización del sistema de cultivo protegido en Cuba. En: Conferencia Especialidad Horticultura. Ciudad de La Habana: Grupo Empresarial ENPA Consultoría Agronomía y Diseño. 22 p.
10. Ascencio-Álvarez, Ada, López-Benítez, A., Borrego-Escalante, F., Rodríguez-Herrera, S. A., Flores-Olivas, A., Jiménez-Díaz, F. 2008. Marchitez vascular del tomate: II. Herencia de la resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en tres especies del género *Lycopersicon*. *Revista Mexicana Fitopatología*, 26 (2): 180-183.
11. Baixauli, C. y Aguilar, J. M. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. España: Editorial Generalidad Valenciana *CAPA*. 40 p.
12. Baixauli C. 2008. Manejo de injertos para el control de nematodos y enfermedades de tomate y pimiento. Edit. Universidad Politècnica de Valencia. Fundación Ruralcaja Valencia. 30 p
13. Barker, K. R. 1985. Sampling nematode communities. En: Barker, K. R., Carter, C. C. y Sasser, J. N. (Eds). *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol. II: Methodology. Dept. Plant Pathology and United State Agency for International Development. North Carolina State University. pp. 3–35.
14. Barrés, M. T., Bello, A., Jordá, C. y Tello, J. C. 2007. La eliminación del Bromuro de Metilo en la protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente. Madrid: *MAPA*, 515 p.

15. Bello, A., López-Pérez, J. A., García-Álvarez, A. y Sanz, R. 2002. Biofumigation and nematodes control in the Mediterranean region. *Nematology*, 4 (2): 143-147.
16. Bello, A., López-Pérez, J. A. y García-Álvarez, A. 2003. Biofumigación en agricultura extensiva de regadío. Producción integrada de hortícolas. Madrid: Mundi Prensa, 670 p.
17. Bernal, Blanca, Rivero, L. y Pérez, W. 2001. Manejo de plagas en híbridos de tomate bajo condiciones de cultivo protegido. *Fitosanidad*, 5 (1): 41-46.
18. Black, L., Wu, D. L., Wang, J. F., Kalb, T. D. y Chen, J.H. 2003. Grafting tomatoes for production in the Hot-Wet Season. En: Guides International Cooperators. *AVRDC*, 3 (551): 1-6.
19. Borges, J., Mendonça J. L. y Pereira, Jaqueline. 2009 a. Solanáceas silvestres: Potencial de uso como porta-enxertos resistentes ao nematóide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.). *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, (4): 1-14.
20. Borges, J., Boiteux, L. S., López, C. A., Silva, G. O. y Pereira, J. S. 2009 b. Avaliação de acessos de tomateiro para resistência a *Meloidogyne mayaguensis*. *Horticultura Brasileira*, (27): 3116-3122.
21. Borges, J., Borges, R., Rodríguez, Cecilia da Silva y Reis, A. 2011. Raíces invadidas. *Cultivar HF*, (2): 14-17.
22. Brest, S., 2011. Técnica de injerto: experiencia en Corrientes. En: Uso de plantas hortícolas injertadas como un instrumento más del Manejo Integrado de Plagas, Jornada Técnica. 3 de mayo, Estación Experimental Julio Hirschhorn, FCA y F-UNLP, Los Hornos, La Plata, Argentina. pp. 23-34.
23. Camacho, F. y Tello, J. C. 2006. El control de patógenos telúricos en cultivos hortícolas intensivos. Madrid: Ediciones Agrotécnicas. pp. 45-48.

24. Camacho, F. 2011a. Tecnología de la producción en planta injertada. En: Adiestramiento-Taller de injerto herbáceo. Proyecto ONUDI: MP/CUB/04/133, Jagüey Grande, Matanzas, 9 -13 de febrero. pp. 34-48.
25. Camacho, F. 2011b. El injerto de hortalizas técnica ecocompatible generadora de empleo. En: Adiestramiento-Taller de injerto herbáceo. Proyecto ONUDI: MP/CUB/04/133, Jagüey Grande, Matanzas, 9 -13 de febrero. pp. 48-66.
26. Camacho, F. 2012. El injerto en tomate como alternativa al Bromuro de Metilo. Experiencias con esta técnica en San Quintín. [fecha de consulta: 13 abril 2013]. [en línea] México, 26 p. Disponible en: <http://www.franciscocamachoferre.es>.
27. Camacho, F. 2015. Plantas injertadas, más vigorosas y resistentes. [fecha de consulta: 18 de enero 2016]. Disponible en: <http://www.redagricola.com/reportajes/hortalizas/plantas-de-tomate-injertadas-mas-vigorosas-y-resistentes>. Redagícola Hortalizas.
28. Cap. G., Gilardón, E., Polack, L. A., Mitidieri, Mariel S., Mezquiriz, N., Nolasco, V. y Gallardo, G. 2012 a. Evaluación de líneas de tomate mejoradas con resistencia frente a artrópodos y su expresión en suelos comprometidos por la presencia de nematodos herbívoros. En: I Jornada Nacional de tomate fresco. Resúmenes. La Plata, Argentina. 6 p.
29. Cap, G., Pineda, C., Casado, H., Mitidieri, Mariel S., Mezquiriz, N., Nolasco, V. y Gallardo, G. 2012 b. Experiencia en el empleo de cultivares de tomate de polinización abierta y de bajo requerimiento de insumos. En: I Jornada Nacional de tomate fresco. Resúmenes. La Plata, Argentina. 7 p.
30. Carneiro, M., Wellington, Regina, Almeida, Rita y Gomes, C. M. 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. *Nematologia Brasileira*, 25 (2): 223-228.

31. Casanova, A., Gómez, Olimpia, Hernández, M., Chailloux, Maritza, Depestre, T., Pupo, F. R., Hernández, J. C., Moreno, V., León, María, Igarza, A. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. 1ra. Ed., Editora: Liliana. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba. 120 p.
32. Casanova, A., Gómez, Olimpia, González, Farah M., Depestre, T. 2004. Contribución al establecimiento de un sistema competitivo de obtención de plántulas hortícolas enraizadas en contenedores para condiciones tropicales. Premio Academia de Ciencias Cuba 2004. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". 43 p.
33. Casanova, A., Gómez, Olimpia, Pupo, F. R., Hernández, M., Chailloux, Maritza, Depestre, T., Hernández, J. C., Moreno, V., León, María, Igarza, A. 2007. Manual para la producción protegida de hortalizas. 2da. Ed. Maracay, Venezuela: Editorial Liliana. 138 p.
34. Castagnone-Sereno, P., Bongiovanni, M. y Djian-Caporalino, C. 2001. New data on the specificity of the root-knot nematode resistance genes *Me1* and *Me3* in pepper. *Plant Breeding*, (120): 429-433.
35. Castro, Z. J. y López, Ch. R. 1981. Respuesta de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a densidades crecientes de inóculo de *M. incognita* (Kofoit y White) Chitwood. *Agronom. Costarr*, 5 (1): 65-73.
36. Causse, M., Carranta, C., Saliba, V., Moretti, A., Damidaux, R. y Rouselle, P. 2000. Valorisation des ressources génétiques de la tomate par l'utilisation de marqueurs moléculaires. *Agricultures*, 9 (3): 197-210.
37. Céspedes-Perera A., Pérez-Montesbravo, E. y Ruizsánchez, Y. O., 2012. El injerto en cultivo protegido de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) para el manejo de nematodos

- formadores de agallas en la Empresa de Cítricos Ceiba En: Pérez-Mostesbravo, E. 2012. Tecnologías en el proceso de eliminación total del Bromuro de Metilo en tratamientos al suelo en Cuba. (Ed.). La Habana: Editora CIDISA/INISAV. pp. 125-136.
38. Collier, R., Beth, F., Walter, Nathalie, Kevin, W., Taylor, G. 2005. Ex vitro composite plants: an inexpensive, rapid method for root biology. *The Plant Journal*, (43): 449–457.
 39. Contreras, J., Bielza J. A., Martínez, A., Lacasa, D., Moreno, A., Francés, D. 2003. Implicaciones de los hongos en el colapso del tomate. *Agrícola Vergel*, (260): 400-409.
 40. Cook, R. y Evans, K. 1987. Resistance and tolerance. En: Brown, R. H., Kerry, B. (Eds.) Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press. pp. 221-232.
 41. Cook, R. y Starr, J. L. 2006. Resistant Cultivars. En: Perry, R. y Moens, M. (Eds). Plant nematology, CAB International. pp. 370-389.
 42. Corbett, B., Jia, L., Sayler, R. J., Arevalo-Soliz, L. M. 2011. The effects of root-knot nematode infection and *Mi* mediated nematode resistance in tomato on plant fitness. *Journal. Nematology*, 43 (2): 82–89.
 43. Cortada, Laura, Sorribas, F. J., Ornat, C., Kaloshian, I. y Verdejo-Lucas, Soledad. 2008. Variability in infection and reproduction of *Meloidogyne javanica* on tomato rootstocks with the *Mi* resistance gene. *Plant Pathology*, (57): 1125-1135.
 44. Cortada, Laura, Sorribas, F. J., Ornat, C., Andrés, M. F., Verdejo-Lucas, Soledad. 2009. Response of tomato rootstocks carrying the *Mi* resistance gene to populations of *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* and *M. javanica*. *European Journal of Plant Pathology*, (124): 337–343.

45. Cortada, Laura, Mantelin, S., Verdejo-Lucas, Soledad, Kaloshian, I. 2012. Marker analysis for detection of the *Mi-1.2* resistance gene in tomato hybrid rootstocks and cultivars. *Nematology*, (14): 517-527.
46. Corvi, F. 2013. Innesto erbaceo qualità e resistenza. *Terra e Vita*, (10): 64-65.
47. Cosme, J. 2010. Diagnóstico y control del nematodo de los nódulos en tomate. [en línea] 15 p. [fecha de consulta: 3 marzo 2013] Disponible en:
<http://www.hortalizas.com/articulo/9214/>
48. Cuadra, R., Cruz, Xiomara y Fajardo, J. L. 2000. Los cultivos de ciclo corto como plantas trampas de los nematodos de agallas. *Nematropica*, (30): 241-246.
49. Cuadra, R., Cruz, Xiomara, Ortega, J., Shagarodsky, T. y González, Maribel. 2005. Respuesta de *Lycopersicon* spp. frente al ataque del nematodo de las agallas (*Meloidogyne incognita*). *Revista Protección Vegetal*, 20 (2): 114-121.
50. Darwin, S. C., Knapp, S. y Peralta, Iris. 2003. Taxonomy of tomatoes in the Galápagos islands: native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (*Solanaceae*). *Systematics and Biodiversity*, (1): 29-54.
51. Daunay, Marie-Christine y Dalmasso, A. 1985. Multiplication de *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* et *M. arenaria* sur divers *Solanum*. *Revue Nematology*, 18 (1): 31-34.
52. Declert C. Ch. 1998. Greffage des solanacees maraicheres : une solution nouvelle, la greffe en fente avec guide de greffe. *PHM*, (394) : 36-38.
53. Decraemer, W. y Hunt, D. 2006. Taxonomy and principal genera. Structure and classification. En: Perry, R. y Moens, M., (Eds). *Plant Nematology, Part I. Chapter I*. CAB International, Wallingford. pp. 3-32.

54. De León, W. E. 2009. Evaluación ambiental del cultivo del tomate bajo condiciones protegidas en Gran Canarias, España, mediante la utilización de la metodología del análisis del ciclo de vida (TCV). Tesis (Doctor en Ciencias Ambientales). España. Universidad Autónoma de Barcelona. 160 p.
55. De Ley, P. y Blaxter, M. L. 2002. Systematic position and phylogeny. En: Lee, D. L. (Ed.). The biology of nematodes. pp. 1-30.
56. De Melo, O., Maluf, W. R., Ranoel, J., De Sousa, A. C., Gonçalves, A. C., Gomes, A. y De Castro, R. 2011. Triagem de genótipos de hortaliças para resistência a *Meloidogyne enterolobii*. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*, 46 (8): 829-835.
57. Devran, Z. y Söğüt, M. A. 2010. Occurrence of virulent root-knot nematode populations on tomatoes bearing the *Mi*-gene in protected vegetable-growing areas of Turkey. *Phytoparasitica*, 38 (45): 245-251.
58. Devran, Z., Söğüt, M. A. y Lu, N. M. 2010. Response of tomato rootstocks with the *Mi* resistance gene to *Meloidogyne incognita* race 2 at different soil temperatures. *Phytopathology. Mediterr.*, (49): 11-17.
59. Díaz-Viruliche, Luisa. 2000. Interés fitotécnico de la biofumigación en los suelos cultivados. Tesis (Doctor Ingeniero Agrónomo). Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Dpto. de Producción Vegetal: Fitotecnia. 500 p.
60. Dieleman A, Heuvelink, E. 2005. Gebruik van onderstammen bij vruchtgroenten. *Plant Res. Inter.*, (3): 145-150.

61. Dietmar, S., Youssef, R., Giuseppe, C. y Henk, J. 2010. Venema grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae*, 127 (2): 162-171.
62. Díez, M. y Nuez, F. 2008. Tomato. En: Prohens, J., Nuez, F., y Carena, M. J. (Eds). Handboock of plant breeding Vegetables II *Fabaceae*, *Liliaceae*, *Solanaceae* and *Umbelliferae*. New York. Springer. pp. 249-323.
63. Duca, M., Port, Croitoru, Vrancean, Angela, Kaloshian, Antonina, Isgouhi, Nadejda. 2012. The screening of several Moldavian tomato cultivars for identification of *Mi*-nematode resistance. *Genebiologie Vegetală*, 58(1): 5-10.
64. Edelstein, M., Burger, Y., Horev, C., Porat, A., Meir, A., Cohen, R. 2004. Assessing the effect of genetic and anatomic variation of Cucurbita rootstocks on vigor, survival and yield of grafted melons. *J. Hort. Sci. Biotech*, (79): 370-374.
65. Estañ, María T., Martínez, María, Pérez-Alfocea, F., Flowers, T. y Bolarin, María. 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *Journal of Experimental Botany*, 56 (412): 703–712.
66. FAO, 1984. Los niveles de producción agrícola y los fertilizantes. Roma. Italia. (Ed.): FAO. 66 p.
67. FAO, 2008. Workshop on non-chemical alternatives to replace Methyl Bromide as a soil fumigant Report. Rome. Italy. (Ed.): FAO. ISBN: 978-92-5-106001-8. 136 p.
68. FAOSTAT, 2013. Datos 2012 de producción. [en línea] FAO, Dirección de Estadística [fecha de consulta: 16 abril 2013] Disponible en: www.faostat.fao.org/faostat/

69. Fassullotis, G. 1979. Plant breeding for root-knot nematode resistanc. En: Root-knot nematodes (*Meloidogyne* species): Systematics, biology and control, (Eds). Lamberti, F. y Taylor, E. Academic Press, New York. pp. 425-453
70. Fauquet, C. M., Briddon, R. W., Brown, J. K., Moriones, E., Stanley, E., Zerbini, J. y Zhou, X. 2008. Geminivirus strain demarcation and nomenclature. *Archives of Virology*, (153): 783-821.
71. Fazla, U. 2012. Generalidades sobre injertos. [en línea] Cuba. 6p. [fecha de consulta: 10 marzo 2013] Disponible en: [http://tomatecherry.es/index.php/injertos de tomate interespecíficos/injerto en hortícolas/html/](http://tomatecherry.es/index.php/injertos_de_tomate_interespecificos/injerto_en_hortícolas/html/)
72. Fernández, E., Pérez, M., Gandarilla, Hortensia, Vázquez, R., Fernández, M., Paneque, M. M., Acosta, O., Basterrechea, M. y Cuadra, R. 1998. Guía para disminuir infestaciones de *Meloidogyne* spp. mediante el empleo de cultivos no susceptibles. *Boletín Técnico, Sanidad Vegetal*, 4 (4): 1-18.
73. Fernández, E. 2000. Manejo integrado de nematodos en los cultivos tropicales. Selección de conferencias sobre manejo integrado de plagas. *Boletín Fitosanitario*, 6 (2): 144-146.
74. Fernández, E., Pérez, M., Gandarilla, Hortensia, Vázquez, R., Fernández, M., Paneque, A., Acosta, M., y Basterrechea, M. 2001. Rango de hospedantes de *Meloidogyne* spp. dentro de los cultivos económicos. En: IV Seminario Científico de Sanidad Vegetal. Varadero. Cuba. 31 p.
75. Fernández, E. 2007. Manejo de fitonematodos en la agricultura cubana. *Fitosanidad*, 11 (3): 57-60.
76. Fernández, E. y Vázquez, L. 2011. Manejo agronómico de fitopatógenos del suelo. En: INISAV/INIFAT. Manual para la Adopción del Manejo Agroecológico de Plagas en

Fincas de la Agricultura Suburbana. La Habana: INISAV/INIFAT. 105 p.

77. Fernández-Ruíz, V., Cámara, M. y Quintela, J. C. 2007. Ingredientes bioactivos de tomate: El licopeno. *Nutr. Clin. Diet. Hosp*, (3): 36-40.
78. Flores, F., Sánchez-Bel, P., Estañ, María T., Martínez-Rodríguez, M., Moayano, E., Morales, B., Campos, J. F., García-Avellan J. O., Egea, M. I., Fernández-García, Nieves, F. Romojaro y Bolarin, M. C. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 125 (3): 211–217.
79. Flor-Peregrín, Elena., Talavera, M., Salmerón, T., Shiroso-Ríos, M., Blanco, María, Verdejo-Lucas, Soledad. 2012. Especies de *Meloidogyne* y su distribución en los cultivos hortícolas protegidos de Almería. *Agrícola Vergel*. (3): 376-381.
80. Forns, A. C., Haldo, H. E., Valdéz, I. y Ale. J. 2007. Injerto en tomate: una alternativa para aumentar los rendimientos en variedades comerciales. En: Congreso Argentino de Horticultura. 1º Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. La Plata. Buenos Aires. Libro de Resúmenes. ASAGO. 97 p.
81. Fuller, Victoria, Lilley, Catherine y Urwin, P. 2008. Review nematode resistance. *New Phytologist*, (10): 1-17.
82. Gabriel, K. R. 1971. The Biplot graphic display of matrices with applications to principal components analysis. *Biometrik*, 58 (3): 453-467.
83. Garduño, S. I. y González, G. A. 2007. Efecto del injerto y el número de tallos por planta sobre el rendimiento en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis (Ingeniería en Agronomía). Celaya, Guanajuato, México. Instituto Tecnológico de Roque. 78 p.

84. Gaytán, A., Castellanos, J. Z., Villalobos, S., Díaz, J. C. y Camacho, F. 2008. Response of grafted tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to leaf pruning and nutrient solution concentration en *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6 (34): 269-277.
85. Gebhard, T. y Thomas, R. 2012. Nutritive value of foods. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service: *Home and Garden Bulletin*, (72): 10-18.
86. GEF. 2014. Informe cultivos protegidos 2014. La Habana: Grupo Empresarial Frutícola. 10 p.
87. Godzina, Monika, Kielkiewicz, Małgorzata y Szymczykiwicz, Katarzyna. 2011. Varying abundance and dispersal of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch, 1836, Acari: Prostigmata: *Tetranychidae*) on *Mi*-tomato plants differing in allelic combination *Biological Lett*, 48 (2): 213–223.
88. Goeldi, E. A. 1892. Relatorio sobre a molestia do cafeeiro na provincia do Rio de Janeiro. Archivos do Museo Nacional. Rio de Janeiro. pp. 8–123.
89. Goggin, Fiona. 2007. Activadores de las plantas y resistencia genética para el control integrado de nematodos y áfidos o pulgones en los tomates. [en línea] España [fecha de consulta: 1 noviembre 2007]. Disponible en: <http://www.ccma.csic.es/dpts/prot/mmuniz.htm>.
90. Goldschmidt E. 2014. Plant grafting: New mechanisms, evolutionary implications. *Front Plant Sci.*, (5): 727-730.
91. Gómez, Eulalia, Álvarez, Rosa M., Zayas, María de los Angeles y Cruz, Xiomara. 2004. Efectividad biológica del NEMACID contra *Meloidogyne incognita*. *ASCOLFI INFORMA*. 30 (6): 40-42.

92. Gómez, Lucila, Rodríguez, Mayra G., Sánchez, Lourdes, González, Farah M. y Casanova, A. 2005. Potentialities of *Solanum torvum* as a resistant plant to *Meloidogyne incognita* for vegetable grafting. *Rev. Protección Vegetal*, 20 (2): 139- 142.
93. Gómez, Lucila, Rodríguez, Mayra G., Díaz-Viruliche, Luisa, González, E. y Wagner, F. 2006. Evaluación de materiales orgánicos para la biofumigación en instalaciones de cultivos protegidos para el manejo de *Meloidogyne incognita*. *Rev. Protección Vegetal*, 21 (3): 178-185.
94. Gómez, Lucila. 2007. Diagnóstico de nematodos agalleros y prácticas agronómicas para el manejo de *Meloidogyne incognita* en la Producción Protegida de Hortalizas. Tesis (Doctor en Ciencias Agrícolas). La Habana: Centro Nacional de Sanidad Vegetal. 200 p.
95. Gómez, Lucila, Rodríguez, Mayra G., Enrique, R., Miranda, Ileana y González, E. 2009. Factores limitantes de los rendimientos y calidad de las cosechas en la producción protegida de hortalizas en Cuba. *Rev. Protección Vegetal*, 24 (2): 117-122.
96. Gómez, Lucila, González, E., Enrique, R., Hernández, M. A. y Rodríguez, Mayra G. 2010. Uso de la biofumigación para el manejo de *Meloidogyne* spp. en la producción protegida de hortalizas. *Rev. Protección Vegetal*, 25 (2): 119-123.
97. Gómez, Lucila, Enrique, R., Hernández-Ochandía, Dainé, Miranda, Ileana y Rodríguez, Mayra G. 2012. Susceptibilidad de genotipos de *Solanum lycopersicum* L. frente a *Meloidogyne incognita* Kofoid y White (Chitwood). *Rev. Protección Vegetal*, 27 (2): 111-116.
98. Gómez, Olimpia, Casanova, A., Laterrot, H. y Anaïs, G. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. IIIH "Liliana Dimitrova". 159 p.

99. González, A. y Pérez, L. A. 2010. Empleo del injerto herbáceo como alternativa para disminuir el uso de productos químicos. En: Forum de Ciencia y Técnica, Resúmenes. Empresa Citrícola Ciego de Ávila.pp.10-11
100. González-Céspedes, S. A. y Urrestarazu, María del Carmen. 2004. Producción y calidad en el cultivo del tomate sin suelo. 3ra. Ed. España, Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. pp. 703-748.
101. González, M. C. y Álvarez, Marta. 1984. Análisis de correlaciones entre diferentes variables morfológicas y el peso del fruto en un grupo de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Cultivos Tropicales, 6 (3): 579-588.
102. Goycoolea, N. 2012. Sinaloa es líder en invernaderos. [en línea] México. 10 p. [fecha de consulta: 12 febrero 2013] Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/spip.php>.
103. Graf, V., Augustin, B. y Laun, N. 2001. Sicherheit vor wurzelgallenälchen und korkwurzelkrankheit. *Pflanzenschutz*, (3): 8-12.
104. Guíñez, A. 1982. Comportamiento de siete cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en suelo infestado con una alta población de *Meloidogyne incognita*. *Agricultura Técnica*, 42 (3): 245-249.
105. Hartmann, H. T., Kester, D. E. y Davies, F. T. 1990. Theoretical aspects of grafting and budding. *Plant propagation*, (5): 305-348.
106. Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T. y Geneve, R. L. 2002. Plant propagation. principles and practices, 7ma Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J. ISBN 0-13-679235-9. 849 p.
107. Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. y Rivero, L. 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba. AGRINFOR, La Habana, 64 p.

108. Hernández, M. A. 2008. Interacción de *Glomus mosseae* - *Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata* y *Meloidogyne incognita* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis (Maestro en Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes). La Habana. San José de las Lajas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 93 p.
109. Hernández, M. A., Arevalo, Jersys, Acosta, N., González, E., Gómez, Lucila, Catasú W., Puerta, Ana, Pérez, Yordany, Corona, Yordanis y Hidalgo, L. 2012. Utilización del bionematicida KlamiC® en el manejo de nematodos formadores de agallas en sistemas de cultivos protegidos. En: I Congreso Cubano de Horticultura. (22-23 Noviembre: Centro de Convenciones y Servicios Académicos de Cojimar). La Habana pp. 11-15.
110. Hernández, María I. 2009. Criterios para el manejo de la nutrición en el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en las condiciones de suelo Ferralítico Rojo. Tesis (Doctor en Ciencias Agrícolas). La Habana, San José de las Lajas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 120 p.
111. Hernández-Ochandía, Dainé, Arias, Yailén, Gómez, Lucila, Peteira, Belkis, Miranda, Ileana, Rodríguez, Mayra G. 2012. Elementos del ciclo de vida de población cubana de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en *Solanum lycopersicum* L. *Rev. Protección Vegetal*, 27 (3): 188-193.
112. Hernández-Ochandía, Dainé. 2014. Potencialidades de cepas nativas de *Trichoderma asperellum* (Strain) para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. Tesis (Maestro en Sanidad Vegetal. Especialidad Fitopatología). Mayabeque. San José de las Lajas. Universidad Agraria de La Habana (UNAH). 88 p.
113. Hidalgo, L., Monte de Oca, Nivia, Puerta, Ana, Peteira, Belkis, Arevalo, Jersys, Hernández, M. y Kerry, B. 2011. Klamic: Bionematicida para el manejo de nematodos

formadores de agallas en hortalizas. En: Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria (SISA). (3-6 Mayo). Sección. Productos para la Sanidad Agropecuaria. Palacio de las Convenciones de la Habana, Cuba. pp. 66-70.

114. Huitrón-Ramírez, María V., Ricárdez-Salinas, Marcia y Camacho, F. 2009. Influence of grafted watermelon plant density on yield and quality in soil infested with melon necrotic spot virus. *HortScience*, 44 (7):183–184.
115. Hussey, R. S. y Barker, K. B. 1973. A comparison of methods of collecting inoculate of *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Dis. Repr.*, (57): 1025-1028.
116. Ibrahim, M. M., Munira, K., Kabir, M. S., Islam, A. K., Miah, M. M. 2001. Seed germination and graft compatibility of wild *Solanum* as rootstock of tomato. *On Line Journal of Biological Sciences*, 1 (8): 701-703.
117. Igarza, A., César, J. C. y Ramos, R. 2008. Fertirriego en cultivos protegidos. En: Curso- Taller Cultivos protegidos. (25-29 Febrero: MINAG). Programa Especial 42 ha. Fruta Selecta. 22 p.
118. IIHLD. 2001. Determinación de la textura del fruto. PNO 08C.006. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”, 2 p.
119. ININ. 1999. Calidad del suelo. Determinación del porcentaje de materia orgánica. NC 51: 99. Oficina Nacional de Normalización (ININ). Ciudad de la Habana. 8 p.
120. ININ. 1999. Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio (Método Oniani suelos no carbonatados). NC 52: 99. Oficina Nacional de Normalización (ININ). Ciudad de la Habana. 8 p.
121. ININ. 1999. Calidad del suelo. Determinación de pH. NC-ISO 10390: 99. Oficina Nacional de Normalización (ININ). Ciudad de la Habana. 8 p.

122. ININ. 2001. Productos de Frutas y Vegetales. Determinación del contenido de sólidos solubles. Método refractométrico. NC-ISO 2371. Oficina Nacional de Normalización (ININ). Ciudad de la Habana. 6 p.
123. ININ. 2009. Tomate especificaciones parte 1: tomate para consumo directo. NC 735-1. Oficina Nacional de Normalización (ININ). Ciudad de la Habana. 11 p.
124. Ioannou, N. 2001. Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, (76): 396-401.
125. IUSS working group WRB. 2008. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos 103. Roma: FAO/ISRIC. ISBN: 978-92-5-305511, 117 p.
126. Jacquet, M. M., Bongiovanni, M., Martínez, M., Verschave, P., Wajnberg, E., Castagnone-Sereno, P. 2005. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the *Mi* gene. *Plant Pathology*, (54): 93- 99.
127. Jaramillo, J. N., Rodríguez, Viviana, Guzmán, Miriam y Zapata, M. A. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum*. Mill). *Boletín Técnico*, (21): 1-48.
128. Jaramillo, J. N., Rodríguez, Viviana, Guzmán, Miriam, Zapata, M. A., Rengifo, Teresita. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación “La Selva”. 330 p.
129. Jenkins, J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*, (2): 379-392.

130. Karssen, G. y Moens, M. 2006. Root-knot nematodes. En: Perry, R. y Moens, M. (Eds). Plant nematology. CABI, UK. pp. 59-90.
131. Khanzada, S., Jiskani, M. M., Khanzada, S. R., Khanzada, M. S, Ali, K. A., Anwar, S. y Khalid, M. 2012. Response of some tomato cultivars against root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22 (4): 1076-1080.
132. Kim, Il-Soep, Vu, N. T., Zhang, Ch. H., Xu, Z. H., Kim, Y. S., Kang, H. M. 2013. Enhanced graft-take ratio and quality of grafted tomato seedlings by controlling temperature and humidity conditions. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 22 (2): 146-153.
133. Kleinhenz, M. D. 2011. Major factors in preparing grafted vegetable plants successfully. [en línea] Cuba. 10 p. [fecha de consulta: 3 de julio 2013] Disponible en: <http://hcs.osu.edu/vpslab/major-factors-preparing-grafted-vegetable-plants-successfully>
134. Korkakmaz, Mavis. 2006. The effect of pruning on tomato rootstock sedes in relation to seedling growth. *Asian Journal of Plant Sciences* 5 (6): 940-947
135. Kouassi, A. B., Kerlan, M. C., Caromel, B., Dantec, J. P., Fouville, Manzanares-Dauleux, D. M., Ellissèche, D. y Mugniéry, D. 2006. A major gene mapped on chromosome XII is the main factor of a quantitatively inherited resistance to *Meloidogyne fallax* in *Solanum sparsipilum*. *Theor. Appl. Genet*, (112): 699-707.
136. Kubota, C., McClure, M. A., Olsen, M. y Tronstad, R. 2008 a. A multidisciplinary project for introducing vegetable grafting in the USA International Research Conference on Methyl Bromide alternatives and emissions reductions. November 11-14, Orlando, Florida. pp. 62-64.

137. Kubota, C., McClure, M. A., Kokalis-Burelle, N., Bausher, M. G. y Rosskopf, E. N. 2008 b. Vegetable grafting: History use and current technology status in North America. *HortScience*, (43), 1663–1669.
138. Lacasa, A. 2006. ¿Por qué se injertan tomates? El injerto del tomate en Murcia. En: 1^{er} Congreso Internacional Injertos en Tomate. Gran Canarias, Las Palmas. España. pp. 67-70.
139. Langlais, C. y Ryckewaert, P. 2002. Guía de los cultivos protegidos de hortalizas en la zona tropical húmeda. CIRAD, Guadalupe. 90 p.
140. Laterrot, H. 1975. Séries de lignées isogéniques de tomate ne différant que par certains gènes de résistance aux maladies. *Phytopathologia Mediterranea*, (14): 129–30.
141. Lee, J., Jung, J., Park, K. y Yu, I. 1994. Outline of vegetable growing and research in the Republic of Korea. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* (35): 68-86.
142. Lee, J. M. 2008. Vegetable grafting: a powerful aid for cultivation of environmentally friendly produce. *Rev. Modern Sci. Technol*, (4): 68–85.
143. Lee, J. M., Kubota, C., Tsao, S. J., Bie, Z. M., Echevarria, M. y Oda, M. 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127 (2): 93-105.
144. Leonardi, C. y Romano, D. 2004. Recent issues on vegetable grafting. *Acta Horticulturae*, (631): 163-174.
145. Lerch, G. 1977. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Ed. Científico- Técnica, La Habana. 421 p.

146. Lizazo, I., Díez, M. A., López-Pérez, J. A., Díaz-Viruliche, Luisa y Bello, A. 2011. Dossier de biodesinfección. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. (SEAE), España. 56 p.
147. López-Pérez, J. A., Strangeb, L., Isgouhi, Michelle, Kaloshiana, Ploega y Antoon, M. 2006. Differential response of *Mi* gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Crop Protection*, (25): 382-385.
148. Louvet, J. 1974. L' utilisation du greffage en cultura maraichere. *PHM*. (152): 20-25.
149. Louws, F., Rivard, J. C. y Kubota, C. L. 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, arthropods and weeds. *Scientia Horticult*, (127): 137-146.
150. Lozada, S., Varón, F. y Gómez, E. 2002. Nematodos asociados al tomate de árbol *Solanum batatum* en el Valle del Cauca. En: *Revista de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines*, ASCOLFI, 26 (2): 93-98.
151. Luc, M., Bridge, J. y Sikora, R. A. 2005. Reflections on nematology in subtropical and tropical agriculture. En: Luc, M., Sikora, R. A. y Bridge, J. (Eds). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd Ed. CABI, UK. pp. 1-10.
152. Luc, Poesel, Fabienne, F. y Faurobert, Mireille. 1996. Le point sur les bases physiologiques de la greffe végétale. *PHM. Revue Horticole*, (368): 17-22.
153. Magrinelli, R. 2010. Levantamento das espécies de nematoides das galhas em áreas de cultivo de olerícolas e reação de espécies vegetais a *Meloidogyne enterolobii* e *M. javanica*. Tese (Doutor em Agronomia - Proteção de Plantas). Câmpus de Botucatu, São Paulo, Brasil: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrônômicas. 120 p.

154. Mantelin, Sophie, Kishor, K. B. y Isgouhi, Michelle. 2013. *Mi-1-Mediated resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato may not rely on Ethylene but hormone perception through ETR3. Participates in limiting nematode infection in a susceptible host. PLOS ONE*, 8 (5): 263-281.
155. Martínez, S., Garbi, M., Andreau, R., Morelli, G., Zeoli, F. y Cap, G. 2011. Estudio de las combinaciones pie-injerto en tomate conducido en suelo con nematodos. En: Mitidieri, Mariel S., Corbino, G. y Cosntantino, A. Seminario de horticultura urbana y periurbana buscamos soluciones entre todos. San Pedro: INTA/EEA. *Serie Capacitaciones*, (2): 42-48.
156. Matsuzoe, N., Hanada, Aida, Ali, K., Okubo, M. y Fujieda, K. 1996. Fruit quality of tomato plants grafted on *Solanum* rootstocks. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* (65): 73–80.
157. McAvoy, R. 2005. Grafting techniques for greenhouse tomatoes. [en línea] Cuba, 7 p. [fecha de consulta: 12 marzo 2013] Disponible en: <http://www.hort.uconn.edu/ipm/greenhs/htms/Tomgraft.htm>.
158. McSorley, R. 1987. Extraction of nematodes and sampling methods. En: Principles and practice of nematode control in crops. Brown, R. H. y Kerry, B. (Eds.) Academic Press. pp. 13 – 47.
159. Mekete, T., Mandefro, W., Greco, N. 2003. Relationship between initial population densities of *Meloidogyne javanica* and damage to pepper and tomato in Ethiopia. *Nematología Mediterránea*, (31):169-171.

160. Melgarejo, P., García-Jiménez, J., Jordán-Gutiérrez, M. G., López-González, M. M., Ardéz, M., Duran-Vila, F. 2010. Patógenos de las plantas descrito en España. 2da. (Eds). Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. 854 p.
161. Mena, J. 2006. Uso de bionematicida HeberNem en los cultivos protegidos. En: Taller Latinoamericano Biocontrol de fitopatógenos con *Trichoderma* y otros antagonistas. Resúmenes. *Fitosanidad*, 10 (2):168-169.
162. Mena, J. 2007. Manual de Aplicación del Bionematicida HeberNem. [en línea] Cuba. 12 p. I Seminario Técnico sobre Sanidad Vegetal en Cultivos Protegidos (25 - 28 Septiembre: La Habana, Cuba) [fecha de consulta: 12 marzo 2013] Disponible en: <http://revistas.mes.edu.cu/eduniv/evento/fitosanidad/Manual-Aplicación>
163. Mendonça, J. L., Rosato, M., Da Silva, B. B. y Lopes, C. A. 2009. Resistência de Jurubebas (*Solanum* spp.) a duas biovares de *Ralstonia Solanacearum*. Congresso Brasileiro de Fitopatologia. Rio de Janeiro. pp. 56-68.
164. Miguel, A. 1997. Injerto en hortalizas. Valencia: Edit. Generalitat Valenciana Conserjería de Agricultura, Pesca y Alimentación. 88 p.
165. Miguel, A. 2002. Grafting as non-chemical alternative to Methyl Bromide for tomatoes, in Spain. En: Proceeding of the International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. Lisbon, Portugal, 27-30 September. pp. 31-34.
166. Miguel, A. y Cebolla, V. 2005. Unión del injerto. *Terralia*, (53): 50-60.
167. Miguel, A. y Baixauli, C. 2007. Comparación de los métodos de injerto. En: Miguel, A., Torre, M., Baixauli C., Maroto, C., Jordá, J. y Concepción, María (Eds). Injerto en hortalizas. Madrid: Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación. pp. 97-123.

168. Miguel, A., Torre, M., Baixauli C., Maroto, C., Jordá, J. y Concepción, María. 2007. Injerto en hortalizas. Madrid: Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación. 155 p.
169. Miguel, A. 2011. Injerto de tomate Valenciano. En: Miguel, A. (Eds). Jornada sobre material vegetal y cultivo de tomate Valenciano. 6 -12 Febrero. Valencia: IVIA. pp. 14.
170. Miguel, A., Marsal, J. I., Goto, R., Ramos, S. y Bosch, V. 2012. Efecto del injerto en tomate de otoño. [en línea] Cuba. 7 p. [fecha de consulta: 10 febrero 2013] Disponible en: [http://tomatecherry.es/index.php/injertos de tomate interespecíficos/ injerto en hortícolas.html](http://tomatecherry.es/index.php/injertos%20de%20tomate%20interespec%C3%ADficos/injerto%20en%20hort%C3%ADcolas.html).
171. MINAG. 2008. Ficha para precios y su componente en pesos convertibles para las hortalizas en casas de cultivo. Ciudad de la Habana. Ministerio de la Agricultura. 7 p.
172. MINAG. 2010. Lineamientos para el desarrollo del sistema productivo de cultivos protegidos. Editora Liliana. IHH “Liliana Dimitrova”, Ministerio de la Agricultura. ISBN: 978-959-7111-54-2. 28 p.
173. Mitidieri, Mariel S. 2009. El uso de portainjertos resistentes: otro aporte al manejo racional de nematodos y patógenos del suelo. En: Mitidieri, Mariel S.; Brambilla, V.; Barbieri, M.; Piris, E.; Piris, M. y Chaves, E., (Eds). La biofumigación y el uso de portainjertos resistentes en el marco del manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos de tomate bajo cubierta. Proyecto PNHFA 3141. Desarrollo de Tecnologías y Procesos de Gestión para la Producción Periurbana de Hortalizas. Buenos Aires, Argentina: INTA San Pedro. pp. 2-8.
174. Mitidieri, Mariel S. 2011. Plantines injertados en hortalizas como herramienta del MIP, experiencias realizadas en INTA. En: I Jornada Técnica “Uso de plantas hortícolas

injertadas como un instrumento más del MIP” (3 mayo). La Plata: Estación Experimental Julio Hirschhorn, FCA y F-UNLP. pp. 34-42.

175. Mitidieri, Mariel S., Brambilla, V., Barbieri, M., Arpía, E., Maldonado, Celié, L. R., Piris, E. y Cap, G. 2011. Plantas injertadas sobre pies resistentes: una solución para el cultivo del tomate. En: Mitidieri, Mariel S., Corbino, Graciela y Cosntantin, A. (Eds). Seminario de horticultura urbana y periurbana buscamos soluciones entre todos. San Pedro: INTA/EEA. *Serie Capacitaciones*, (2): 61-64.
176. Moens, M., Perry, R. y Satrr, J. 2009. *Meloidogyne* species a diverse group of novel and important plant parasites. En: Moens, M., Perry, R. y Satrr, J. (Eds). Root-knot nematodes. CAB International, London UK. Part I, Chapter 1, pp. 1-16.
177. Morales, F. J. 2010. Distribution and dissemination of begomoviruses in Latin America and the Caribbean. *See Ref.*, (167): 283-318.
178. Moreno, V. P. 2011. Cultivo sin suelo. La Habana: Editora Grupo Empresarial Frutícola/MINAG. 10 p.
179. Moreno, V. P., Hernández, M., Pérez-Motesbravo E., Fernández, R. L. y Cruz, L. P. 2012. El cultivo protegido de tomate sin suelo sobre zeolita como alternativa al Bromuro de Metilo en la Empresa “Victoria de Girón”, Matanzas En: Pérez-Mostesbravo, E. 2012. Tecnologías en el proceso de eliminación total del Bromuro de Metilo en tratamientos al suelo en Cuba. (Ed.). La Habana: Editora CIDISA/INISAV. pp. 172-179.
180. Morra, L. y Bilotto, M., 2001. Indagine sull’innesto erbaceo nel settore vivaistico. *L’informatore agrario*, (45): 33-37.
181. Mosse, B. 1962. Graft-incompatibility in fruit trees with particular reference to its underlying causes. *Tech. Commun. Bur. Hort. Plant. Crops*, (28): 36-42.

182. Muiño, Berta L., Botta, L., Pérez-Montesbravo, E., Ballester, Adriana, Moreno, D., Rodríguez, F., Fernández, E. y Cuadra, R. 2007. Sistema de manejo integrado de plagas como alternativa al uso del Bromuro de Metilo en la producción de cultivos protegidos, flores y ornamentales en Cuba. *Boletín Fitosanitario*, 12 (1): 72-74.
183. Nafarrate, F., Fernando, A., Sánchez, T. y Camacho, F. 2010. Evaluación agronómica del comportamiento y vigor entre diferentes tipos de portainjertos en tomate Cherry (*Lycopersicum pimpinellifolium* L. Mill) cv. Salome. *Revista Terralia*, (79): 32-37.
184. Navarro-Barthelemy, L., Gómez, Lucila, Enrique, R. González, Farah M. y Rodríguez, Mayra G. 2009. Comportamiento de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Rev. Protección Vegetal*, 24 (1): 1-3.
185. Nicoletto, C., Tosinib, F. y Samboa, P. 2012. Effect of grafting and ripening conditions on some qualitative traits of ‘Cuore di bue’ tomato fruits. [en línea] Cuba. 8 p. [fecha de consulta: 4 de enero 2013] Disponible en: *J Sci Food Agric*. (Published online in Wiley Online Library .com) DOI 10.1002/jsfa.5906.
186. Nogueira, J. 2010. Estudos histopatológicos e ciclos biológicos de *Meloidogyne mayaguensis* e *M. javanica* em tomateiros com gene *Mi*. Tese (Mestre em Agronomia Proteção de plantas). Janeiro, Brail: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Agrônômicas Câmpus de Botucatu. 83 p.
187. Nuez, F. 1995. Desarrollo de nuevos cultivares. En: El cultivo del tomate. Madrid España: Ediciones Mundi-Prensa. pp. 625-669.
188. Oda, M. 1995. New grafting methods for fruits bearing vegetables in Japan. *Japan Agricultural. Research Quarterly*, (29): 187-194.

189. Oda, M., Nagata, M., Tsuji, K., Sasaki, H. 1996. Effects of scarlet eggplant rootstock on grown, yield and sugar content of grafted tomatoes fruits. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 65 (3): 531-536.
190. Oda, M. 2007. Vegetable seedling grafting in Japan. *Acta Hort.*, (759): 175-180.
191. ONE. 2013. Oficina Nacional de Estadísticas de Cuba. [en línea] Cuba [fecha de consulta: 15 abril 2013] Disponible en: <http://www.one.cu/>
192. Ortíz, M. J. 2012. La campaña hortofrutícola arranca con un incremento del cultivo de tomate, pimiento y judía en torno al 10%. [en línea] Cuba. 15 p. [fecha de consulta: 16 febrero 2013] Disponible en: <http://www.europapress.es/andalucia/Almería-00350/noticia-campaña-hortofruticola-arranca-incremento-cultivo-tomate-pimiento-judía-torno-10-20121025164515.html>
193. Ozores-Hampton, Monica, Zhao, Xin y Ortiz, Miriam. 2010. Introducción a la Tecnología de injertos a la industria de tomate en la Florida: Beneficios potenciales y retos. [en línea] Cuba. 10 p. [fecha de consulta: 12 enero 2013] Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu>
194. Öztekin, G. B., Tüzel, Y. y Tüzel, I. H. 2009. Effect of grafting on salinity tolerance in tomato production. *Acta Hort.*, (807): 631-636.
195. Pacheco, R. 2012. Efecto de diferentes portainjertos sobre el crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) bajo invernadero plástico. Jornadas Nacionales de tomate fresco. La Plata. Libro de resúmenes. 4 p.
196. Pakeerathan, K., Mikunthan, G. y Tharshani, N. 2009. Effect of different animal manures on *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) on tomato. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5 (4): 432-435.

197. Peil, R. y Gálvez, J. L. 2004. Rendimiento de planta de tomate injertada y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Horticultura Brasileira*, 22 (2): 265-270.
198. Peña, E. 2008. Portainjertos en tomate. [en línea] Cuba. 13 p. [fecha de consulta: 6 enero 2013] Disponible en: <http://www.hortalizas.com/pdh>
199. Peralta, Iris y Spooner, D. M. 2005. GBSSI gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. Section *Lycopersicon* (Mill) Wettst. Subsection *Lycopersicon*). *American Journal of Botany*, (88): 1888-1902.
200. Peralta, Iris, Knapp, Sandra y Spooner, D. M. 2005. New species of wild tomatoes (*Solanum* L. Section *Lycopersicon*: *Solanaceae*) from Northern Peru. *Systematic Botany*, 30 (2): 424-434.
201. Peralta, Iris; Knapp, Sandra y Spooner, D. M. 2006. Report of the tomato (Genetics Cooperative). Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *TGC REPORT*, (56): 1-12.
202. Pérez-Mostesbravo, E., Casanova, A., Hernández, M., Pérez, A., Céspedes, A., González, Farah M., Hernández, A., Ruisánchez Y., Rodríguez, Mayra G. y Gómez, Lucila. 2012 a. El injerto herbáceo en cultivos protegidos de hortalizas en Cuba como una alternativa al Bromuro de Metilo: Avances y retos. En: Pérez-Mostesbravo, E. Tecnologías en el proceso de eliminación total del Bromuro de Metilo en tratamientos al suelo en Cuba. (Ed.). La Habana: Editora CIDISA/INISAV. pp. 83-107.
203. Pérez-Montesbravo, E., Muiño, Berta L., Fernández, Ana y Amaguel, L. 2012 b. Impacto de la eliminación total de Bromuro de Metilo en Cuba. La Habana, Cuba: Edit. CIDISA, 114 p.
204. Pérez-Mostesbravo, E., Fernández E., Fernández, Ana y Paredes, E. 2012 c. La biofumigación y la solarización como alternativa sostenible al Bromuro de Metilo en

- Cuba. En: Pérez-Mostesbravo, E. 2012. Tecnologías en el proceso de eliminación total del Bromuro de Metilo en tratamientos al suelo en Cuba. (Ed.). La Habana: Editora CIDISA/INISAV. pp. 172-179.
205. Picardi, L., Zorzoli, R., Pratta, G., Rodríguez, G., Lorea, R. 2002. Tomates silvestres: color y sabor con larga vida. *Revista Agromensajes*, 3 (7): 99-105.
206. Pina, Ana y Errea, Pilar. 2005. A review of new advances in mechanism of graft compatibility–incompatibility. *Scientia Horticulturae*, 22 (44): 1-11.
207. Piñón, Mayte. 2009. Obtención de líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) resistentes al virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate (TYLCV) en Cuba. Tesis (Doctor en Ciencias Agrícolas). Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova (IIHLD). 126 p.
208. Piris, E., Brambilla, V., Arpía, E., Celié, R., Peralta, R., Barbieri, M., Schiavoni, E., Iñiguez, T., Cap, G., Gallardo, G. y Mitidieri Mariel S. 2012. Evaluación de combinaciones de híbrido y portainjerto frente a la susceptibilidad a *Nacobbus aberrans*. En: Jornada Nacional de tomate fresco. Resúmenes. La Plata. 41 p.
209. Prado, J. L. 2003. Tipos y especificaciones de calidad en el cultivo del tomate. *Vida Rural*, 148 (9): 1016–1020.
210. Puertas, Ana, De la Noval, Blanca, Martínez, B., Miranda, Ileana, Fernández, F., Hidalgo-Díaz, L. 2006. Interacción de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* con *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* y *Glomus clarum* en el control de *Meloidogyne incognita*. *Rev. Protección Veg.*, 21 (2): 80-89.

211. Queneherve, P., Topart, P. y Antony, F. 2001. *Meloidogyne arabicida*: an other *Meloidogyne* species controlled. Reunión Anual de la Organización de Nematólogos del Trópico Americano (ONTA), (11 -12 Junio). Varadero, Cuba. pp. 54 – 55.
212. Quiroz, C. F. 2001. Markers and their applications in tomato. [en línea] Cuba. 8p. [fecha de consulta: 12 febrero 2012] Disponible en: www.veghome.ucdavis.
213. Rahman, M. A., Rashid, M. A., Salam, M. A., Masud, M. A., Masud, A. S., Hussain M. M. 2002. Performance of some grafted eggplant genotypes on wild *Solanum* root stocks against root-knot nematode. *J Biological Sciences*, 2 (7): 446-448.
214. Raymond, A. J. y Van Daelen, J. 1995. Hacia el aislamiento del gen *Mi* de la resistencia al nematodo de las agallas en tomate. En: Koninklijke Binliotheek, Den Haag, Wageningen, CIP-DATA. 141 p.
215. Revelo, J. 2006. Avances del proyecto: Estudio epidemiológico del nematodo del rosario o falso nematodo del nudo (*Nacobbus* spp.) en el cultivo de tomate de mesa en el valle del Chota para optimizar su control. Quito: INIAP-UTN-SENACYT. 28 p.
216. Ricárdez, Marcia, Rodríguez, N., Díaz, M. y Camacho, F. 2008. Influence of rootstock, cultivar and environment on tomato yield under greenhouse. *Acta Hort*, (797): 443-448.
217. Ricárdez, Marcia, Camacho, F. y Tello, J. C. 2011. Evaluar la producción y calidad en frutos de variedades comerciales de tomate sin injertar e injertadas sobre híbridos interespecíficos de (*Lycopersicum esculentum* L. x *Lycopersicum habrochaites* S. Knapp y D. M. Spooner con diferentes densidades de plantación. En: Camacho, F. Tecnología de la producción en planta injertada. España: Edición ONUDI, Departamento de Producción Vegetal de la Universidad de Almería. pp. 23-33.

218. Rick, Ch. M. 1974. Potencial genetic resources in tomato species: Clues from observations in native habitats in genes, enzymes and populations. Ed. Srb. A. Plenum Publishing Co. New York. pp. 255-269.
219. Rijk, Z. 2007. Novedades en portainjerto de tomate. [en línea] Cuba. 5p. [fecha de consulta: 12 febrero 2012] Disponible en: <http://www.revistamercados.com/articulo.asp>.
220. Rivard, Cary. 2006. Grafting tomato to manage soilborne diseases and improve yield in organic production systems. Thesis. (Master of Science. Plant Pathology). North Carolina State University. EEUU. 89 p.
221. Rivard, Cary y Louws, F. J. 2006. Grafting for disease resistance in heirloom tomatoes College of Agriculture and Life Sciences, Ed. North Carolina Cooperative Extension Service. 15 p.
222. Rivard, Cary, Connell, S. O., Peet, M. M. y Louws, F. J. 2010. Grafting tomato with interspecific rootstocks to manage diseases caused by *Sclerotium rolfsii* and southern root-knot nematode. *Plant Dis*, (94): 1015 - 1021.
223. Rivera, R. 2010. Hacia un manejo efectivo de la simbiosis micorrízica EcoMic®: alternativa ecológica. [CD ROM] En: Congreso Científico Internacional “40 Aniversario del Instituto Nacional de Ciencia Agrícolas (INCA)” (22-26 Noviembre). Memorias. San José de la Lajas, La Habana: INCA. ISBN: 978-859-7023-48-7. pp. 16
224. Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Sánchez, E. y Romero, L. 2003 a. Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress J. *Sci. Food Agric*, (83), 1315–1319.
225. Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Sánchez, E. y Romero, L. 2003 b. Does grafting provide tomato plants an advantage against production under conditions of thermal shock. *Physiol. Plant*. (117): 40–50.

226. Rodrigues, C. S., Pinheiro, J, Mendonça, B., Carvalho, J. L., Pereira, R. B. 2012. Reação de acessos de *Solanum stramonifolium* a *Meloidogyne enterolobii*. *Tropical Plant Pathology*, (37): 42-44.
227. Rodríguez, J. C. 2015. Programa de desarrollo del Turismo. En: VII Encuentro Nacional de los Cultivos Protegidos. (8 de mayo). La Habana. MINAG. Cuba. pp. 20-26.
228. Rodríguez, Mayra G., Sánchez, Lourdes, Gómez, Lucila, Hidalgo, L., González, E. Gómez, Maylen, Díaz-Viruliche, Luisa, Casanova, A., Cuadra, R., Fernández, E. y Hernández, R. 2005. *Meloidogyne* spp., plagas de las hortalizas: Alternativas para su manejo en sistemas de cultivo protegido. *Revista Protección Vegetal*, 20 (1): 1-10.
229. Rodríguez, Mayra G., Gómez, Lucila, Cuadra, R., Díaz-Viruliche, Luisa, Fernández, E., Casanova, A., González, E., Sánchez, Lourdes, González, Farah M., Hidalgo, L. 2006. Nematodos formadores de agallas en Sistemas de Cultivos Protegidos: Diagnóstico y manejo. Informe Final de Proyecto. Programa Ramal de Hortalizas - MINAG. (Inédito – Laboratorio de Nematología CENSA). 171p.
230. Rodríguez, Mayra G., Gómez, Lucila y Peteira, Belkis. 2007. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah y Hirschmann, plaga emergente para la agricultura tropical y subtropical. *Revista Protección Vegetal*, (22): 183-196.
231. Rodríguez, Mayra G., Gómez, Lucila, González, Farah M., Carrillo, Yudines, Piñón, Mayte, Gómez, Olimpia, Casanova, A., Álvarez, Marta y Peteira, Belkis. 2009. Comportamiento de genotipos de la familia *solanaceae* frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Revista Protección Vegetal*, 24 (3): 137-145.

232. Rodríguez, Mayra G. y Hernández- Ochandía, Dainé. 2014. *Meloidogyne* spp., como plagas de las hortalizas en producción protegida en Cuba: Elementos para su manejo. En: Congreso de Horticultura. (21 de noviembre). La Habana. IIIH "Liliana Dimitrova". MINAG, Cuba. pp. 20-28.
233. Rodríguez, N. A. 2003. La huerta organopónica cubana. En: Manual de Agricultura Orgánica Sostenible. La Habana: FAO-INIFAT (Agrinfor). pp. 63-70.
234. Rojas, L. y Riveros, F. 2001. Efecto de métodos y edad de las plántulas sobre el prendimiento y desarrollo de injertos en melón (*Cucumis melo*). *Agricultura Técnica*, 61 (3): 262 -274.
235. Rosales, L., Rodríguez, Mayra G., Maselli, Anna y Peteira, Belkis. 2009. Importancia de los nematodos agalladores y la marchitez bacteriana en la producción de hortalizas. *INIA*. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. *INIA Divulga*. pp. 9-12.
236. Ruiz J. M., Belakbir, A., Lopez-Cantarero, I., Romero, L. 1997. Leaf-macronutrient content and yield in grafted melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae*. 71 (4): 227-234.
237. Sakata, Y., Ohara, T. y Sugiyama, M. 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in Japan. *Acta. Hort.*, (731): 159-170.
238. Salazar-Antón, W. y Guzmán-Hernández, T. J. 2013. Efecto de poblaciones de *Meloidogyne* spp. en el desarrollo y rendimiento del tomate. *Agronomía Mesoamericana*, 24 (2): 419-426.
239. Sánchez, Lourdes, Rodríguez, Mayra G., Rodríguez, Enrique, R. 1992. Metodología para evaluar la resistencia en cultivos agrícolas a nematodos de agalla (*Meloidogyne* spp.). (basada en los elementos referidos por *Triantaphyllou*, 1975; Hadisoeganda y Sasser, 1982

y otros autores, incorporando la categoría de plantas inmunes). Laboratorio de Nematología. CENSA. (inédito). 12 p.

240. Sánchez, Lourdez y Rodríguez Mayra G. 2000. Estimación de niveles de inóculo de *Meloidogyne incognita* a través de planta indicadora. *Revista Protección Vegetal* 15 (2): 109-113.
241. SAS Institute Inc. 2002. Statistic Analysis System SAS versión 9.0. Cary, NC. USA. 320 p.
242. Sasser, J. N., Eisenback, J. D. y Carter, D. 1983. The international *Meloidogyne* project its goals and achievements. *Annu. Rev. Phytopathology*, (21): 271-288.
243. Schaf, J. E. 2007. Comprehensive transcriptome profiling in tomato reveals a role for Glycosyltransferase in *Mi*-mediated nematode resistance. *Plant Physiology*, (144): 1079-1097.
244. SEAGRO. 2012. Injerto en el cultivo del tomate. [en línea] Cuba. Empresa de Servicios Agropecuarios. 5p. [fecha de consulta: 6 enero 2013] Disponible en: <http://seagro.hn/quienessomos.html>.
245. Seah, S., Williamson, V. M., García, B. E., Mejía, L., Salus, M. S, Martin, C. T. y Maxwell, D. P. 2007. Evaluation of a co-dominant SCAR marker for detection of the *Mi-1* locus for resistance to root-knot nematode in tomato germplasm. *Tomato Genetic Cooperative Report*, (57): 37–40.
246. Shagarodsky. T. 2006. Caracterización de la variabilidad del germoplasma de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) conservada *ex situ* en Cuba. Su presencia y distribución *in situ*. Tesis en Opción al Título de Maestro en Biología Vegetal. Mención Genética Vegetal. Universidad de La Habana. Cuba, 212 p.

247. Sikora, R. A. y Fernández, E. 2005. Nematode parasites of vegetable. En: Luc, M., Sikora, R. A. y Bridge, J. (Eds). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2da. Ed. CABI, UK. pp. 319-392.
248. Sikora, R. A., Bridge, J. Y. y Starr, J. L. 2005. Management practices: an overview of integrated nematodes management technologies. En: Luc, Sikora, M., R. A. y Bridge, J. (Eds). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2da. Ed. CABI, UK. pp. 319-392.
249. Sorribas, F. J., Ornat, C., Verdejo- Lucas, Soledad, Galeano, M. y Valero, J. 2005. Effectiveness and profitability of the *Mi*-resistant tomatoes to control root-knot nematodes. *Eur. J. Plant Pathol.*, (111): 29-38.
250. Starr J. L, Bridge, J. y Cook, R. 2002. Resistance to plant parasitic nematodes: History, current use and future potential. En: Starr J. L, Cook, R., Bridge, J., Editors. Plant resistance to parasitic nematodes. CAB International, UK. pp. 1- 22.
251. Stefanova, Marusia y Fernández, E. 1995. Principales patógenos del suelo en las hortalizas y su control. En: Labrada, R. (Ed.). Producción intensiva de hortalizas en los trópicos húmedos. Roma: FAO. División de Producción y Protección Vegetal. pp. 111-120.
252. Stefanova, Marusia. 2007. Introducción y eficacia técnica del biocontrol de fitopatógenos con *Trichoderma* spp. en Cuba. *Fitosanidad*, 11 (3): 75-79.
253. Stefanova, Marusia y Vázquez, L. 2011. Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura suburbana. Vol. 1. La Habana: Editora INISAV, INIFAT. 265 p.

254. Sunil, K. y Uma, R. 2007. Susceptibility of six tomato cultivars to the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *The South Pacific Journal of Natural Science*, (13): 73-77.
255. Suslow, T. y Canweel, M. 2001. Tomate: Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. [en línea] Cuba. [fecha de consulta: 6 abril 2013] Disponible en: www.posthavest.ucdavis.edu.
256. Taylor, A. L. y Sasser, J. B. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Dept. Plant. Pathol. N. C. State Univ., Raleigh. 111 p.
257. Tello, J. C. 2002. Tomato production in Spain without Methyl Bromide. Proceeding from the International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. Sevilla. Spain. 162p.
258. Tello, J. C. 2011. Principios para el manejo integrado de enfermedades en hortalizas. En: Conferencia Taller. Proyecto: Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica Universidad de Almería (España)-Universidad Agraria de La Habana (Cuba), A/024622/09. 191p.
259. Terry, Elein. 2007. Alternativas ecológicas para la producción de tomate en sistemas de cultivos protegidos. *Revista Agrotécnica de Cuba*, 31 (1): 2-3.
260. Timmermans, B. G. 2005. *Solanum sisymbriifolium* (Lam.) a trap crop for potato cyst nematode. Thesis (PhD). Wageningen, The Netherlands. Wageningen University, the C.T. de Wit Graduate School for Production Ecology and Resource Conservation (PE&RC). 130 p.

261. Trudgill, D. L. y Blok, V. C. 2001. Apomictic, polyphagous root-knot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annu. Rev. Phytopathology*, (39) 53–77.
262. Tzortzakakis E. A., Trudgill, D. L., Phillips, M. S. 1998. Evidence for a dosage effect of the *Mi* gene on partially virulent isolates of *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, (30): 76–80.
263. Vázquez, L., Fernández, E., Lauzardo, J., García, Tais, Alfonso, Janet y Ramírez, Rebeca. 2005. Manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura urbana (MAPFAU), INISAV, Ciudad de la Habana. 80 p.
264. Vázquez, L. 2007. Desarrollo del manejo agroecológico de plagas en los sistemas agrarios de Cuba. *Fitosanidad*, 11 (3): 23-28.
265. Vázquez, L. 2012. Transición del manejo de plagas en la producción agropecuaria en Cuba. *Agricultura orgánica*, (2): 21-25.
266. Verdejo-Lucas, Soledad y Sorribas, J. 2008. Resistance response of the tomato rootstock SC 6301 to *Meloidogyne javanica* in a plastic house. *Eur J Plant Pathol.*, (121): 103–107.
267. Verdejo-Lucas, Soledad y Castillo, P. 2011. Nódulos en las raíces de tomate (*Meloidogyne* spp.) En: Andrés, M. F. y Soledad, Verdejo-Lucas, (Eds). Enfermedades causadas por nematodos fitoparásitos en España. *Phytoma*, (30): 143-154.
268. Verdejo-Lucas, Soledad, Talavera, M. y Andrés, M. F. 2012. Virulence response to the *Mi.1* gene of *Meloidogyne* populations from tomato in greenhouses. *Crop Prot.*, (39): 97-105.

269. Verdejo-Lucas, Soledad, Blanco, María, Cortada, Laura, Sorribas, J. V. 2013. Resistance of tomato rootstocks to *Meloidogyne arenaria* and *Meloidogyne javanica* under intermittent elevated soil temperatures above 28 °C. *Crop Protection*, (46): 57-62.
270. Wang, Y. 2011. Plant grafting and its application in biological research. *Chinese Science Bulletin*, 56 (33): 3511-3517
271. Willianson, Valerie. 1998. Root-knot nematode resistance genes in tomato and their potential for future use. *Annu. Rev. Phytopathology*, (36): 277-293.
272. Wuys, N. 2006. Interacción entre los nematodos fitoparásitos y el metabolismo secundario de las plantas, con énfasis en los fenilpropanoides en las raíces. *Infomusa*, (15): 43-44.
273. Yi, X., Guo, S. R., Chen, Z. G. 2010. Analysis on grafted tomato seedlings with salt tolerance eggplant rootstock, *J. Agr. Sci.*, (3): 148-153.
274. Youssef, R., Schwarz, Dietmar, Krumbein, Angelika y Giuseppe, C. 2010. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127 (2): 172-179.
275. Zacheo G, M. 1983. Mitochondrial peroxidase and superoxide dismutase activities during the infection by *Meloidogyne incognita* of susceptible and resistant tomato plants. *Nematologia Mediterránea*, (11):107-114.
276. Zárate, S. J., Jarrín, F., Jiménez, Patricia, Oliva, R., Proaño, Karina. 2008. Genes *Mi* de resistencia al nematodo formador de nudo *Meloidogyne* spp. en especies silvestres de la familia *Solanaceae* del Ecuador. En: XXXII Jornadas Nacionales de Biología. Loja-Ecuador del 20-22 de noviembre. Universidad Técnica Particular de Loja. pp.12-13.

9. ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Datos meteorológicos durante la etapa experimental. Lugar: (CENSA).

Tabla 1.1. Variables meteorológicas que incidieron en el transcurso del experimento durante los meses de febrero a mayo del 2008.

Meses	Temp. media (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitaciones (mm)
Febrero	22,90	69,00	11,90
Marzo	23,70	67,00	26,70
Abril	24,60	76,00	92,40
Mayo	25,00	78,00	218,80

T. media: temperatura media diaria (°C); Fuente: Estación Meteorológica número 78 374 de Tapaste.

Anexo 2 Variables meteorológicas que incidieron en el transcurso de los dos años de experimentos. Lugar: (IIHLD).

Tabla 2.1 Valores medios de las variables meteorológicas del exterior de la casa de cultivo en los dos años de experimentos, años 2009/2010/2011.

Años/	Meses	Exp.	T. media (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitaciones (mm)
2009	Noviembre	1	23,66	75,55	81,80
	Diciembre	1	23,80	79,33	34,30
2010	Enero	1	19,90	73,33	14,70
	Febrero	1	19,90	75,22	265,20
	Marzo	1	20,60	71,56	10,20
	Abril	1	24,10	72,45	118,80
	Mayo	1	26,60	76,55	126,40
	Junio	1	28,20	77,36	140,80
	Noviembre	2	23,50	75,37	50,00
	Diciembre	2	17,70	74,45	7,10
2011	Enero	2	19,81	75,45	98,10
	Febrero	2	21,50	76,61	10,40
	Marzo	2	22,29	72,51	11,50
	Abril	2	25,16	75,36	134,80
	Mayo	2	26,10	71,36	132,10
	Junio	2	27,20	76,51	140,90

Fuente: Exp. Experimentos; T. media (°C): Temperatura media diaria; Fuente: Estación Meteorológica de Güira de Melena

Anexo 3.



Figura 3.1. Método de injerto de púa terminal

Anexo 4



Figura 4.1. Cámara húmeda o microtúnel (fase de cicatrización)

Anexo 5. Datos meteorológicos durante la fase de injerto.

Tabla 5.1. Valores promedios de las variables meteorológicas durante la fase de injerto.

Meses	Años	Área de injerto		Área de cicatrización		Área de aclimatación	
		T. media (°C)	H. relativa (%)	T. media (°C)	H. relativa (%)	T. media (°C)	H. relativa (%)
Noviembre	2009	26,75	84,55	23,22	87,57	27,79	74,56
Diciembre		25,79	82,52	22,30	86,55	26,89	73,55
Noviembre	2010	26,50	83,36	23,50	86,45	28,40	73,42
Diciembre		26,21	82,32	22,50	85,50	26,23	72,53

T. media (°C): Temperatura media diaria; H. relativa (%): Humedad relativa. Fuente: Centro de injerto Herbáceo de la Empresa de Cítricos Ceiba, Artemisa

Anexo 6. Valores medios de las variables meteorológicas del interior de la casa de cultivo durante el transcurso de los Años experimentales 1 y 2.

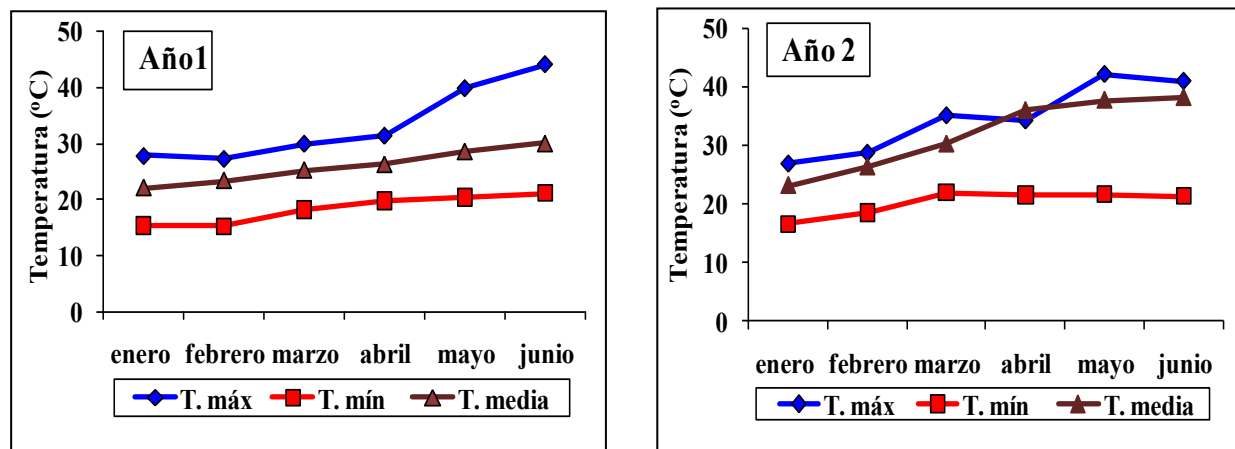


Figura 6.1. Temperatura máxima, temperatura mínima y media diaria en (°C).

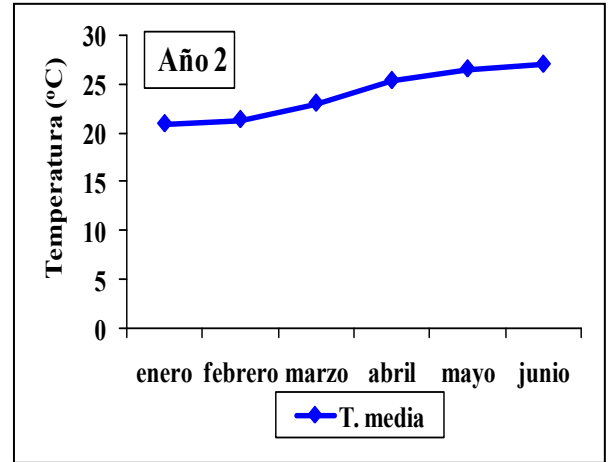
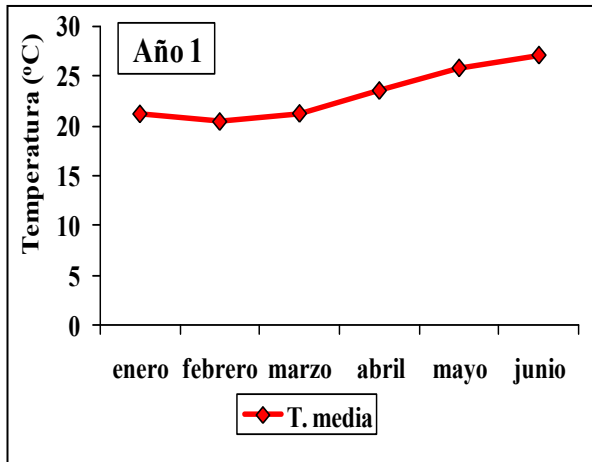


Figura 6.2. Temperatura media diaria del suelo en (°C).

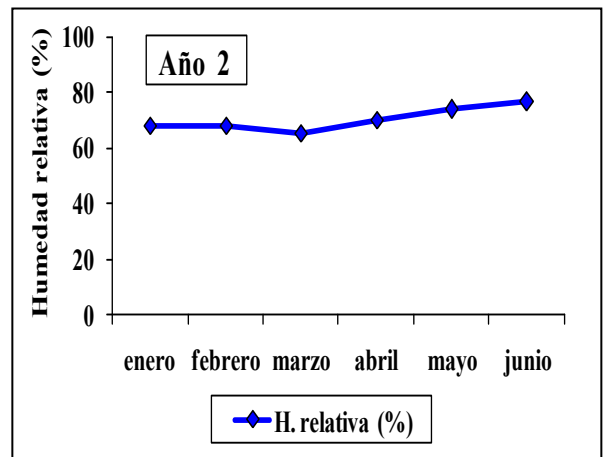
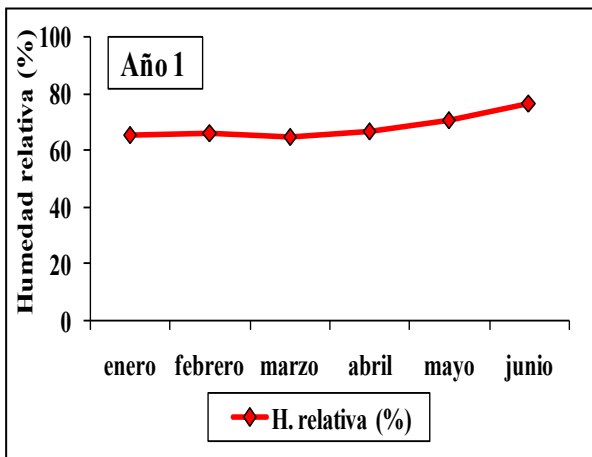


Figura 6.3. Humedad relativa (%)

Anexo 7. Fichas de costo para la producción de tomate según el tratamiento evaluado.

Tabla 7.1. Ficha de costo para la producción de tomate según el tratamiento T1: HA 3105/

Rossol, en el Año 1 y 2.

MINISTERIO DE LA AGRICULTURA FICHA PARA PRECIOS Y SU COMPONENTE EN PESOS			
MINISTERIO DE LA AGRICULTURA PROGRAMA DE CULTIVOS PROTEGIDOS		Ficha-Costo Agrícola UM: ha	
Descripción del producto: Tomate casa de cultivo (Época invierno)		Rendimiento esperado: 100 (t.ha ⁻¹)	
Concepto de gastos 1	Filas 2	Total unitario: CUP 3	De ellos: CUC 4
Materias primas y materiales	1	7312,42	6139,92
Materias primas y materiales fundamentales	1,1	5632,50	5460,00
Combustibles y lubricantes	1,2	600,00	600,00
Energía eléctrica	1,3	79,92	79,92
Agua	1,4	1000,00	0,00
Sub total (gastos de elaboración)	2	198450,75	14956,65
Otros gastos directos	3	7678,37	7678,37
Depreciación	3,1	1303,37	1303,37
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3,3	375,00	375,00
Otros	3,4	6000,00	6000,00
Gastos de fuerza de trabajo	4	183494,10	0,00
Salarios	4,1	138046,98	0,00
Vacaciones	4,2	12251,79	0,00
Impuesto por utilización de la fuerza de trabajo	4,3	12467,94	0,00
Contribución a la seguridad social	4,4	20727,39	0,00
Gastos indirectos de producción	5	4560,14	4560,14
Mantenimiento y reparación	5,2	3903,14	3903,14
Seguro de estructura y producción	5,3	657,00	657,00
Gastos generales y de administración	6,0	1671,00	1671,00
Otros gastos	6,1	1671,00	1671,00
Gastos bancarios (Interés bancario)	7,0	1047,14	1047,14
GASTOS TOTALES	8,0	205763,17	21096,57

Tabla 7.2. Ficha de costo para la producción de tomate según el tratamiento control sin injertar T6: HA 3105, en el Año 1 y 2.

MINISTERIO DE LA AGRICULTURA			
FICHA PARA PRECIOS Y SU COMPONENTE EN PESOS			
MINISTERIO DE LA AGRICULTURA		Ficha-Costo Agrícola	
PROGRAMA DE CULTIVOS PROTEGIDOS		UM: ha	
Descripción del producto: Tomate casa de cultivo (Época invierno)		Rendimiento esperado: 100 t.ha ⁻¹	
Concepto de gastos	Filas	Total unitario: CUP	De ellos: CUC
1	2	3	4
Materias primas y materiales	1	7063,20	6063,20
Materias primas y materiales fundamentales	1,1	5460,00	5460,00
Combustibles y lubricantes	1,2	560,00	560,00
Energía eléctrica	1,3	43,20	43,20
Agua	1,4	1000,00	0,00
Sub total (gastos de elaboración)	2	194836,23	13258,13
Otros gastos directos	3	7469,17	7469,17
Depreciación	3,1	1094,17	1094,17
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3,3	375,00	375,00
Otros	3,4	6000,00	6000,00
Gastos de fuerza de trabajo	4	181578,10	0,00
Salarios	4,1	136130,98	0,00
Vacaciones	4,2	12251,79	0,00
Impuesto por utilización de la fuerza de trabajo	4,3	12467,94	0,00
Contribución a la seguridad social	4,4	20727,39	0,00
Gastos indirectos de producción	5	3070,82	3070,82
Mantenimiento y reparación	5,2	2413,82	2413,82
Seguro de estructura y producción	5,3	657,00	657,00
Gastos generales y de administración	6	1671,00	1671,00
Otros gastos	6,1	1671,00	1671,00
Gastos bancarios (Interés bancario)	7,0	1047,14	1047,14
GASTOS TOTALES	8,0	201899,43	19321,33

Anexo 8.



Figura 8.1. Injerto compatible en el tratamiento 'HA 3105'/'Rossol'

Anexo 9



Figura 9.1. Incompatibilidad de tipo localizada en plántulas injertadas de los tratamientos (a) 'HA 3105'/'*Solanum torvum*' y (b) 'HA 3105'/'*Solanum globiferum*'.