

MANEJO DE *Meloidogyne incognita* MEDIANTE INJERTO DE *Coffea arabica* en *Coffea canephora*, OXAMILO Y *Trichoderma atroviride*¹

Esteban Sánchez-González²; Jorge Muñoz³

RESUMEN

Con el objetivo de manejar *Meloidogyne incognita*, se implementaron las prácticas de injerto de las variedades Arábicas en patrón de café Robusta, se incorporó el uso del Oxamilo y la inoculación de las raíces con *Trichoderma atroviride*. Se utilizó un diseño en bloques aleatorizados, con cinco repeticiones en arreglo de parcelas subdivididas. La parcela principal contenía las variedades Caturra y Pacamara. Las secundarias, la propagación, con injerto y sin injerto. Las terciarias control con Oxamilo, *T. atroviride* y sin control. Se observó un efecto detrimental ($P < 0,01$) del factor injerto en todas las variables de respuesta; se presentaron diferencias en la interacción variedad \times injerto ($P < 0,01$). El injerto en Caturra mostró compatibilidad en términos de número de *M. incognita* por gramo de raíces (NMGR); sin embargo, Pacamara se afectó por la incompatibilidad de injerto y patrón. Además, el injerto causó un incremento en la severidad de la mancha de hierro, en ambas variedades. La interacción injerto \times control fue significativa ($P < 0,01$) en NMGR y en el porcentaje de área foliar (AF) se destacó el Oxamilo y *T. atroviride*. La altura de la planta fue diferente entre variedades, siendo Caturra la de mayor altura. El control con *T. atroviride* fue relevante ($P < 0,01$), también el uso de *T. atroviride* mostró diferencias ($P < 0,05$) favoreciendo el diámetro del tallo y el peso radicular. En conclusión, el uso de *T. atroviride*, como práctica de control biológico compatible con el ambiente, es suficiente para el manejo de *M. incognita* en las variedades Caturra y Pacamara, demostrando que la práctica de injerto en Robusta, al igual que el uso del control con Oxamilo son innecesarios.

Palabras clave: Área foliar, peso seco, diámetro de tallo, peso de raíces, largo de planta.

¹ Recepción: 30 de septiembre de 2021. Aceptación: 20 de octubre de 2021.

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí (CIA Chiriquí). M.Sc. en Agricultura Ecológica. e-mail: esanchesg5@yahoo.com

³ IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí (CIA Chiriquí). Agr. e-mail: jorgemunoz1856@gmail.com



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

MANAGEMENT OF *Meloidogyne incognita* BY GRAFTING *Coffea arabica* IN *Coffea canephora*, OXAMIL AND *Trichoderma atroviride*

ABSTRACT

The study was performed in order to manage *Meloidogyne incognita* by grafting Arabica varieties in Robusta coffee pattern, using chemical control with Oxamyl and inoculation of the roots with *Trichoderma atroviride*. A randomized block design was used, with five repetitions in an split plot arrangement. The main plot contained Caturra and Pacamara varieties. The secondary plot, the propagation with graft and without graft. The tertiary plot included control with Oxamyl, *T. atroviride* and no control. A significant detrimental effect ($P < 0,01$) of graft factor was observed in all response variables; the graft \times variety interaction was significant ($P < 0,01$). The Caturra was not affected by the graft in terms of NMGR (number of *M. incognita* per gram of roots); however, Pacamara showed incompatibility of graft and pattern. In addition, graft caused a significant increase in the severity of Brown leaf spot of coffee in both varieties. The graft \times control interaction was significant ($P < 0,01$) in NMGR and in the percent of leaf area (LA), highlighting the control with Oxamyl and *T. atroviride*. Plant length was different between varieties ($P < 0,01$), being Caturra the tallest. Control with *T. atroviride* was relevant ($P < 0,01$), also, the use of *T. atroviride* resulted different ($P < 0,05$) favoring stem diameter and root weight. In conclusion, the use of *T. atroviride*, as a biological control practice compatible with the environment, is sufficient for the management of *M. incognita* for Caturra and Pacamara varieties, the grafting of Arabica trees in Robusta is not required and neither is the use of chemical control with Oxamyl.

Key words: Leaf area, dry weight, stem diameter, root weight, plant length.

INTRODUCCIÓN

Importancia del género *Meloidogyne* spp.

Los nematodos del género *Meloidogyne* spp. son un componente presente, dominante y funcionalmente importante de los ecosistemas cafetaleros, que implica el uso de nematicidas que interactúan en toda la red alimentaria del suelo (Franco et al., 2017). La abundancia de este género lo convierte en el grupo trófico más resistente al manejo y control. Está muy relacionado con los residuos orgánicos de los suelos cafetaleros, lo que aumenta su huella metabólica funcional, sus redes alimenticias y su complejidad estructural (Yuji et al., 2013; Shuang et al., 2017).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

El género *Meloidogyne* spp. causa el 14% de pérdidas de la producción agrícola mundial. En América Latina, representa de 15% a 25% de pérdida en la producción de café (Anzueto et al., 1995; Alpizar et al., 2007; Barros et al., 2014). En América Central, las pérdidas en viveros y en campo se estiman entre 10% y 24% y se considera común y destructivo de plantas (Carrillo et al., 2000; Guzmán y Castaño, 2010; Rojas y Salazar, 2013). En Panamá, los agricultores, lo perciben como negativo a la sostenibilidad técnica, económica y ambiental de la caficultura, debido a los riegos humanos y ambientales que implica el uso de control químico (Asociación de Productores de Renacimiento [APRE], 2014). La sostenibilidad técnica se ve seriamente amenazada con poblaciones de *Meloidogyne exigua* de 0,125 huevos/cm³ y superiores a 32 huevos/cm³ de sustrato, pues se reduce la altura y diámetro del tallo en 20%, el número de nudos en 65% y en 60% el peso fresco de plantas variedad Caturra en vivero (Rojas y Salazar, 2013).

Parasitismo de *Meloidogyne* spp.

El parasitismo de *Meloidogyne* spp. implica la re-diferenciación de células de raíz en células gigantes de alimentación, con núcleo poliploide que se endorreduplican a través de divisiones nucleares sincrónicas. La hiperplasia e hipertrofia de las células circundantes forman las agallas radicales, que causan el debilitamiento y muerte de la planta (Godoy y Yáñez, 1999; Sandoval y Claudio, 2004; Caillaud et al., 2007).

El injerto a partir de variedades de café resistentes a *Meloidogyne* spp.

Es un método de propagación que evita el contacto de la planta sensible con los patógenos del suelo; por esta razón, el desarrollo de cafetos resistentes al género *Meloidogyne* spp. es prometedor para el injerto con las variedades arábicas en patrones menos susceptibles de café Robusta, en consecuencia, el injerto de variedades de *C. arabica* sobre *C. canephora* var. Nemaya, es exitoso en el manejo y control de *Meloidogyne* spp (Reyna, 1966; Duicela et al., 2003; González et al., 2008).

La resistencia de híbridos interespecíficos de Timor (*C. arabica* x *C. canephora*) e híbridos F1 demuestran que la resistencia genética a *M. arabicida* y *M. exigua*, es heredable, por lo que el injerto de variedades arábicas en patrones de *C. canephora*, redujo a 50% los daños en términos de mortalidad y número de agallas (Bertrand et al., 2002).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Control biológico de *Meloidogyne* spp. con *Trichoderma* spp.

Los aislamientos T-1 de *Trichoderma* spp. son eficaces para controlar *M. exigua*, parasitan el 53% de los huevos y larvas juveniles. Con la cepa BI de *T. harzianum* a concentraciones de 10^2 - 10^8 esporas/mL, la infección de *Meloidogyne javanica* disminuye porque decrece significativamente el número de huevos del nematodo en comparación con el testigo; además, *Trichoderma longibrachiatum*, en $1,5 \times 10^5$ a $1,5 \times 10^7$ conidias/mL⁻¹ controla a *M. incognita* aumentando la altura, longitud y el peso fresco de las raíces comparado con el testigo. (Ferreira et al., 2008; Sahebani y Hadavi, 2008). El parasitismo por *Trichoderma* spp. a huevos y larvas de *M. javanica*, es causado por la acción de las quitinasas del hongo que hidrolizan la quitina y las proteasas del nematodo, en consecuencia, rompen los enlaces péptidos de las proteínas y estimulan los mecanismos de defensa de la planta lo que conduce a la resistencia sistémica (Sharon et al., 2001; Szabó et al., 2013; Zhang et al., 2015).

Control químico de *Meloidogyne* spp. con Oxamilo

El control químico de *Meloidogyne* spp. con Oxamilo (Carbamato sistémico), es percibido por los productores como costoso, peligroso para la salud humana, el ambiente y no regula, en forma sostenida las poblaciones de nematodos. En este sentido Oxamilo, aplicado al suelo a dosis comercial de 1 g/planta mantenía a las raíces de la variedad Caturra libre de nematodo *Meloidogyne* spp.; pero en una segunda aplicación, no hubo respuesta, observándose síntomas severos. Al compararlo con *Paecilomyces lilacinus*, Oxamilo a dosis de 8 mL/L no logró diferencias significativas en el número de huevecillos de *Meloidogyne* spp. (Leguizamón, 1987; Lima López, 2015). En café asociado al tomate, las poblaciones de *Meloidogyne* spp. en el suelo se incrementaron de 50 a 2800 individuos en los tratamientos que contenían Oxamilo, debido a la pérdida de efectividad del nematicida (Durán-Mora y Guzmán, 2017). Otros estudios han demostrado que Oxamilo a dosis comercial de 0,4 mL/planta es una alternativa muy efectiva para el control de *Meloidogyne* spp. en vivero de café variedad Tekisic (López, 2009).

El objetivo del experimento fue evaluar los efectos del injerto de variedades arábicas en patrón Robusta, el control biológico con *T. atroviride* y el control químico con



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

el nematicida Oxamilo, sobre la población de *Meloidogyne* spp., el vigor y sanidad de las plantas en vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Instalación y manejo del experimento

El experimento se instaló el 25 de mayo de 2015 en un sistema de producción de café en etapa de vivero, en el corregimiento de Santa Clara, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí, República de Panamá, con altitud de 1214 msnm, temperatura promedio de 25 °C, precipitación pluvial media de 2000 mm/año y ubicación geográfica, según el sistema de coordenadas universales transversales de Mercator (UTM), de 0305705 metros norte y 0977392 metros este. Los semilleros de *C. canephora* var. Robusta, *C. arabica* var. Caturra y Pacamara se establecieron el 25 de marzo de 2015 a densidad de 1 kg/m². Las plantitas estuvieron erectas en 60 días después de la siembra, momento de una estricta selección de calidad para realizar el injerto hipocotiledonal, según la metodología diseñada por Reyna, 1966; Castro et al., 2010.

El 25 de mayo de 2015 las bolsas de polietileno negro de 14,5 cm de ancho x 20,5 cm de largo se llenaron con un kilogramo de tierra composteada. Las plantitas injertadas y no injertadas se sembraron y fueron aviveradas hasta febrero de 2016, momento que inició la toma de datos. Se realizaron controles manuales de malezas cada 25 a 30 días, fertilización con la fórmula comercial 12-24-12 a dosis de 5 g/planta, complementada con abonos foliares, y aplicaciones de Ciproconazole (Alto 10[®]) a dosis de 0,3 a 0,5 mL/L de agua cada 35 días para el control de enfermedades foliares.

Extracción, aislamiento y multiplicación

El nematodo *M. incognita* fue extraído de las raíces de tomate *Solanum esculentum* infestadas en forma natural, con una solución concentrada de cloro. Con el extracto se preparó una suspensión de 12 huevos y juveniles/cm³ de suelo.

El hongo *T. atroviride* se extrajo de una cepa existente en el laboratorio de nematología de la Estación Experimental de IDIAP en Cerro Punta; preservada en envases cerrados y refrigeración. El hongo fue multiplicado en medio nutritivo de agar papa dextrosa



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

en condiciones asépticas y temperatura controlada, luego se multiplicó masivamente en un medio sólido y después se prepararon alícuotas hasta obtener una solución de $1,0 \times 10^9$ esporas/mL.

Aplicación de los tratamientos de control químico y biológico

Las plantitas, cuyos tratamientos contenían el concentrado de *T. atroviride* fueron inoculadas el 7 de julio de 2015 (42 días después de la siembra). Con una pipeta graduada en mililitros se aplicó la dosis de 10 mL/planta al suelo contenido en la bolsa. La inoculación de todas las plantas con la solución de *M. incognita* se efectuó el 9 de octubre de 2015 (130 días después de la siembra). El concentrado de *M. incognita* de 12 huevos y juveniles/cm³ de suelo se diluyó en 30 litros de agua con el fin de aplicar la dosis de 13 mL/planta de la solución, lo que equivale a una población de 12,000 individuos por planta (Muñoz, 2014). La aplicación de Oxamilo (Vidate 10 L[®]) sobre los tratamientos con este factor se efectuó el 24 de noviembre de 2015 (180 días después de la siembra). Se preparó una solución a dosis de 5 mL/L de producto comercial y se aplicó al suelo contenido en las bolsas de polietileno un volumen de 10 mL/planta.

Diseño experimental y modelo

El diseño experimental fue bloques completos al azar, de cinco repeticiones y 12 tratamientos factoriales, en arreglo de parcelas subdivididas, según al siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = M + B_i + V_i + V_i B_i + I_j + I_j B_i + V_i I_j + C_k + V_i C_k + C_k I_j + V_i I_j C_k + E_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = valor observado en el j-ésimo nivel del factor injerto aplicado a la parcela secundaria de la i-ésima parcela principal del factor variedad, en el bloque "l".

M = Es la media general de los tratamientos de variedad, injerto y control.

B_i = Media del efecto del i-ésimo bloque de los factores V_i , I_j y C_k .

V_i = Media del efecto i-ésimo del factor variedad.

$V_i B_i$ = Es el error (a) de las parcelas principales o Variedad *Bloque.

I_j = Es la media del j-ésimo factor injerto

$I_j B_i$ = Es el error (b) de las parcelas secundarias o Injerto*Bloque

$V_i I_j$ = Es la interacción de los factores variedad e injerto

C_k = Media del efecto k-ésimo del factor control



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

$V_i C_k$ = interacción entre los factores variedad y control

$C_k I_j$ = Interacción de los factores control e injerto

$V_i I_j C_k$ = Interacción de variedad por injerto por control

E_{ijkl} = Error aleatorio experimental asociado a las parcelas secundarias y causado por los factores no controlables y coligados a las observaciones. Los valores de E_{ijkl} se suponen normales, independientes con esperanza cero y con varianza común σ^2 .

El alcance de “i” son dos variedades, Caturra y Pacamara; el alcance de “j” son dos métodos de propagación, con injerto y sin injerto, el alcance de “k” son tres controles, *T. atroviride* (TA), Oxamilo, y sin control; el alcance de “l” son 5 bloques distribuidos al azar (Snedecor y Cochran, 1970; Di Rienzo et al., 2008).

Para cada factor se postularon hipótesis nulas y se comprobaron con el análisis de varianza tipo III. Se efectuaron comparaciones múltiples con la prueba LSD de Fisher Alfa=0,05 en cada variable de respuesta, y pruebas de hipótesis para los contrastes con el fin de encontrar diferencias significativas entre comparaciones.

Para construir la base de datos, se utilizó la versión de Microsoft Office Excel® 2007, y para el procesamiento de los datos y creación de los análisis estadísticos, el software Infostat®, versión 2008.

Factores en estudio y asignación de los tratamientos

Se estudiaron dos variedades arábicas Caturra y Pacamara, susceptibles a *M. incognita*; dos métodos de propagación vegetativa, con injerto y sin injerto de variedades arábicas en patrón Robusta; y tres niveles del factor control de *M. incognita*, control biológico con *T. atroviride*, control químico con Oxamilo y sin control.

Cada bloque se dividió en dos parcelas principales donde se asignó al azar el factor variedad. Las parcelas principales fueron divididas en dos parcelas secundarias, donde se estableció al azar los métodos de propagación. Cada una de las parcelas secundarias se dividieron en tres terciarias (pequeñas) las que contuvieron el factor control.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

La parcela principal tuvo 240 plantas (1,9 m²), las parcelas medianas 120 plantas (0,97 m²) y las parcelas chicas 40 plantas (0,32 m²). Todas las muestras se extrajeron de las dos hileras de plantas centrales de cada tratamiento factorial 20 plantas (0,16 m²).

Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas fueron, área foliar en porcentaje (AF), peso seco (PS) en gramos, tomado de una muestra de 250 g de tejido verde, el cual se expuso al secado al horno con temperatura de 60 °C hasta obtener 70% de humedad en el tejido; número de *M. incognita* por gramo de raíces (NMGR); peso fresco de follaje y tallos (HT) en gramos; diámetro del tallo (DT) en centímetros; peso fresco de las raíces (R) en gramos, largo de planta (LP) en centímetros y severidad de mancha de hierro causada por *Cercospora coffeicola* Berk y Cook (S) según la escala diagramática de Paiva Custódio et al., 2011.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

El análisis de varianza para los factores variedad, injerto, control y sus interacciones, en función de las variables dependientes, se presentan en el Cuadro 1. Existen dos columnas con los valores de grados de libertad de cada fuente de variación; la primera relacionada a las variables AF, PS y S. La segunda a NMGR, HT, DT, R y LP. Las interacciones variedad injerto e injerto control resultaron significativas ($P < 0,01$) para la variable NMGR, y solo injerto control, en la variable AF. La presencia de interacción significativa confirma la interdependencia entre los factores. El factor injerto resultó con diferencia significativa ($P < 0,01$) en todas las variables de respuesta. El factor control fue significativo con $P < 0,01$ en AF, NMGR y LP, y significativo con $P < 0,05$ en DT y R. El factor variedad fue significativo con $P < 0,01$ en las variables S, NMGR y LP.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Cuadro 1. Grados de libertad y cuadrados medios para los factores variedad, injerto y control, según variables dependientes y su respectiva significancia estadística.

FV	gl	AF (%)	PS (g)	S (%)	gl	NMGR	HT(g)	DT(mm)	R(gr)	LP (cm)
Modelo	23	1570,73**	1339,12**	1217,57**	17	16,73**	737,17**	0,07**	37,92**	153,24**
Bloque	4	12,36	948,70	98,94	2	0,08	46,75	0,08	53,54	4,51
Variedad (var)	1	5,70	34,04	693,60**	1	81,00**	11,67	4,2E-03	7,29	268,41**
Injerto (inj)	1	33205,54**	18620,46**	22971,27**	1	18,78**	9608,57	0,83**	392,70**	617,52**
							**			
Control (cont)	2	770,45**	294,02	96,12	2	27,75**	477,46	0,08*	33,83*	462,76**
Bloque * var.	4	71,45	368,09	546,97	2	0,25	138,97	0,02	1,05	83,30
Bloque * inj.	4	34,54	1011,94	116,81	2	0,19	96,09	0,01	1,74	258,06
Var * inj	1	2,60	387,96	448,27	1	87,11**	0,96	1,7E-03	11,18	0,34
Var * cont	2	92,87	194,29	83,85	2	0,25	263,42	4,5E-03	4,74	12,33
Inj * cont	2	240,80**	392,66	213,72	2	19,69**	71,70	0,01	14,38	11,48
Var * inj * cont	2	115,62	340,19	0,23	2	0,53	360,94	5,0E-03	7,41	26,92
Error	36	47,60	173,02	160,16	18	0,20	132,47	0,02	8,93	32,72
Total	59				35					
CV (%)		11,31	16,22	45,14		19,80	27,44	16,27	27,12	9,19

Notas: FV= Fuente de variación; gl= Grados de libertad; AF= Área foliar; PS= Peso seco; S= Severidad de la mancha de hierro, *Cercospora coffeicola*; NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; HT= Peso de follaje y tallos; DT= Diámetro del tallo; R= Peso de las raíces; LP= Largo de planta. * = P<0,05; ** = P<0,01. CV= Coeficiente de variación. Para la interacción variedad injerto el valor p para peso de raíces es P<0,2760; el valor de P<0,1030 para la severidad de mancha de hierro. En la interacción Injerto control el valor de P<0,2273 para la variable peso de raíces.

Efectos de la interacción variedad por injerto

- **Número de *M. incognita* por gramo de raíces**

El examen de la interacción variedad injerto permitió ver diferencias significativas (P<0,01) en los contrastes 1, 4 y 6. (CCI vs PCI; PCI vs PSI y CSI vs PCI) donde se evidencia un menor NMGR en CCI, PSI y CSI que en PCI. Es probable que exista un efecto detrimental del injerto sobre Pacamara que implicó una pérdida de tolerancia a poblaciones de *M. incognita*. También se observó en esta interacción, que las variedades Caturra y Pacamara sin injerto fueron similares (Cuadro 2 y Figura 1 a).

- **Peso de las raíces**

Los contrastes 4, 5 y 6 resultaron con diferencias significativas (P<0,01). En la comparación PCI_ PSI (4) la variedad Pacamara produjo menor peso de raíces cuando fue injertada en patrón Robusta, lo que pudo deberse a probables efectos antagónicos del injerto y por el NMGR. En la comparación CCI_PSI (5) la variedad Pacamara sin injerto superó a la variedad Caturra con injerto, y en la comparación CSI_PCI (6) la variedad Caturra sin injerto superó en forma significativa a la variedad Pacamara con injerto. El peso



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

de las raíces en ambas variedades, se mostró severamente reducido cuando se injertó en patrón Robusta, lo que evidenció cierto grado de incompatibilidad (Cuadro 2 y Figura 1b).

- **Severidad de *Cercospora coffeicola***

Hubo diferencias significativas entre contrastes de variedad injerto, a niveles de $P < 0,01$ en todas las comparaciones, con excepción de la comparación 2 (Cuadro 2). La severidad fue significativamente menor en plantas de ambas variedades cuando no se injertan, y aumenta drásticamente cuando son injertadas (Figura 1 c). Más aún, entre variedades, se observó un mayor efecto de la mancha de hierro en la variedad Caturra injertada que con Pacamara injertada. Numerosos autores relacionan la mancha de hierro con deficiencias nutricionales de las plantas causadas por carencias en el suelo o por cualquier práctica, incluye el injerto, que limita la absorción de los nutrientes por la planta. En la etapa de vivero, la mancha de hierro puede causar 90% defoliación de la planta, genera pérdidas y el cultivo puede ser insostenible por los daños físicos en hojas y la alteración del desarrollo fisiológico de las plantas (Rengifo et al., 2006).

En la variedad Caturra la mancha de hierro se relaciona con la eliminación drástica de la sombra, lo que aumenta de la temperatura debido a la exposición directa al sol, en suelos con antecedentes de ataques de nematodos y con deficiencias nutricionales causadas por incompatibilidad entre el injerto y patrón (Guerra-Castillo, 2004).

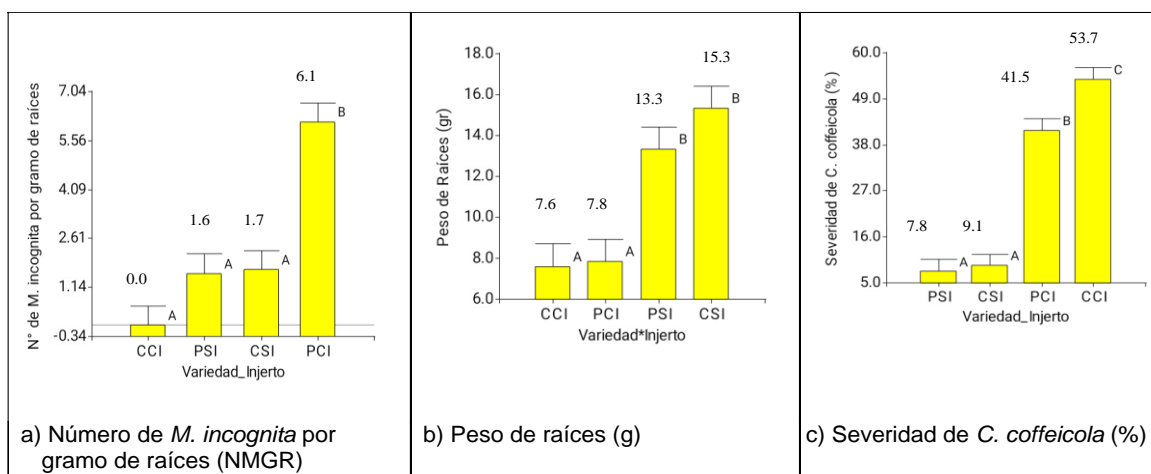
Cuadro 2. Prueba de hipótesis para contrastes de la interacción Variedad Injerto en las variables NMGR, peso de raíces y severidad de la mancha de hierro (*C. coffeicola*).

Interacción	NMGR			Peso de raíces (g)		Severidad (%)	
	gl	Fc	Valor de P	Fc	Valor de P	Fc	Valor de P
1. CCI vs PCI	1	53,19	<0,0001**	0,02	0,8907	9,96	0,0030**
2. CSI vs PSI	1	0,02	0,8953	1,70	0,2045	0,12	0,7334
3. CCI vs CSI	1	3,96	0,0553	24,99	<0,0001	131,62	<0,0001**
4. PCI vs PSI	1	29,56	<0,0001**	12,64	0,0016**	75,00	<0,0001**
5. CCI vs PSI	1	3,45	0,0726	13,65	0,0011**	139,60	<0,0001**
6. CSI vs PCI	1	28,13	<0,0001**	23,62	0,0001**	69,17	<0,0001**

Notas: ** =Diferencias significativas con valores de $P < 0,01$; NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; CCI=Caturra_Con injerto; PSI=Pacamara_Sin injerto; CSI=Caturra_Sin injerto; PCI=Pacamara_Con injerto; gl= grados de libertad; Fc = valor calculado del parámetro F.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$). NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; CCI=Caturra_con injerto; PSI=Pacamara_Sin injerto; CSI=Caturra_Sin injerto; PCI=Pacamara_con injerto.

Figura 1. Diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$) para la interacción Variedad_Injerto, según las variables NMGR, peso de raíces y severidad de mancha de hierro (*C. coffeicola*).

Efecto de la interacción injerto por control

- **Número de *M. incognita* por gramo de raíces (NMGR)**

La prueba de hipótesis de contrastes injerto control (Cuadro 3) indica diferencias significativas $P < 0,0282$ en las comparaciones CISC_SIO (4) (con injerto y sin control versus sin injerto y control con Oxamilo) y CISC_SITA (5) (con injerto sin control y sin injerto y control con *T. atroviride*). En ambos casos, se observó una disminución considerable de NMGR en plantas no injertadas que recibieron Oxamilo y *T. atroviride* como control de *M. incognita*. También, hubo diferencias significativas con $P < 0,0363$ en las comparaciones CIO_SIO (7) (con injerto y control con Oxamilo versus sin injerto y control con Oxamilo) CIO_SITA (8) (con injerto y control con Oxamilo versus sin injerto y control con TA), y donde las plantas no injertadas presentaron menos NMGR independientemente del control. Con las comparaciones SIO_SISC (12) (sin injerto y control con Oxamilo versus sin injerto sin control), y SISC_SITA (13) (sin injerto sin control versus sin injerto y control con *T. atroviride*), se obtuvieron diferencias significativas con $P < 0,0023$ debidas al factor control, y se evidencia que el control con TA fue tan efectivo como el control con Oxamilo y ambos son mejores que sin control (Figura 2 a).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

- **Área foliar**

La prueba de hipótesis de contrastes para injerto_control, indica un aumento significativo ($P < 0,046$ y $P < 0,0009$) del área foliar con las comparaciones CISC_CIO (1) y CISC_CITA (2), causadas principalmente por el control con TA y Oxamilo. Es coincidente el efecto protector de CITA con el uso de *Trichoderma atroviride* con la finalidad de favorecer el desarrollo de plántulas de café injertadas, según lo indica (Cupull et al., 2010). Con las comparaciones CISC_SISC (3), CISC_SIO (4) y CISC_SITA (5), se observaron incrementos significativos ($P < 0,0001$) del área foliar fundamentalmente con plantas sin injerto con control con Oxamilo, *T. atroviride* o sin control. Con las combinaciones CIO_SISC (6), CIO_SIO (7) y CIO_SITA (8) se observaron que las plantas sin injerto produjeron los mayores porcentajes de área foliar cuando se combinaron con Oxamilo o control con *T. atroviride*; aunque hubo diferencias significativas ($P < 0,0001$) entre plantas injertadas sin control comparadas con plantas con injerto y control con Oxamilo y *T. atroviride*.

Por último, en las combinaciones CITA_SISC (9), CITA_SIO (10) y CITA_SITA (11), ocurrieron incrementos significativos ($P < 0,0001$) del área foliar en plantas sin injerto con cualquiera de los controles, lo que pone en relevancia el control con *T. atroviride*. Según estos resultados, la mejor opción, desde un punto de vista de sostenibilidad y manejo ambiental más seguro, es la inoculación de plantas no injertadas con *T. atroviride*. Esta aseveración es respaldada por estudios que encontraron resultados similares y que concluyen que el control biológico de nematodos agalladores con *Paecilomyces lilacinus*, fue similar al Oxamilo, por lo tanto, el control biológico era la opción más acertada (Cuadro 3 y Figura 2b) (Anastasiadis et al., 2008).

- **Peso de las raíces**

A pesar de que el análisis de varianza no mostró diferencias significativas en la interacción injerto control (Cuadro 1), se realizó una prueba de hipótesis de contrastes para injerto control en función de la variable peso de las raíces (Cuadro 3). Las interacciones más importantes resultaron con diferencias significativas $P < 0,01$. En la Figura 2c se observa claramente que las raíces de las plantas que fueron injertadas producen pesos



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

inferiores que sus similares no injertadas; sin embargo, entre plantas injertadas, las que recibieron control con *T. atroviride*, tienen mejor peso de raíces.

Algo semejante ocurrió con las plantas que no recibieron injertos, donde existe una tendencia con diferencias no significativas a favor de plantas que recibieron *T. atroviride*. Es evidente que, entre plantas injertadas, se tendrá un sistema radicular más desarrollado, en términos de peso, con el uso de Oxamilo o de *T. atroviride*, si se lo compara con plantas injertadas sin control. Con el uso de la cepa A-34 de *T. harzianum* y *T. harzianum* se han observado resultados similares en la calidad, desarrollo, vigor y longitud de las raíces, además de buena efectividad de control en *Meloidogyne* spp de 52% a 82% lo que mejoró la calidad en plantas de la variedad Caturra inoculadas en vivero (Rodríguez et al., 2006; Guilcapi, 2009).

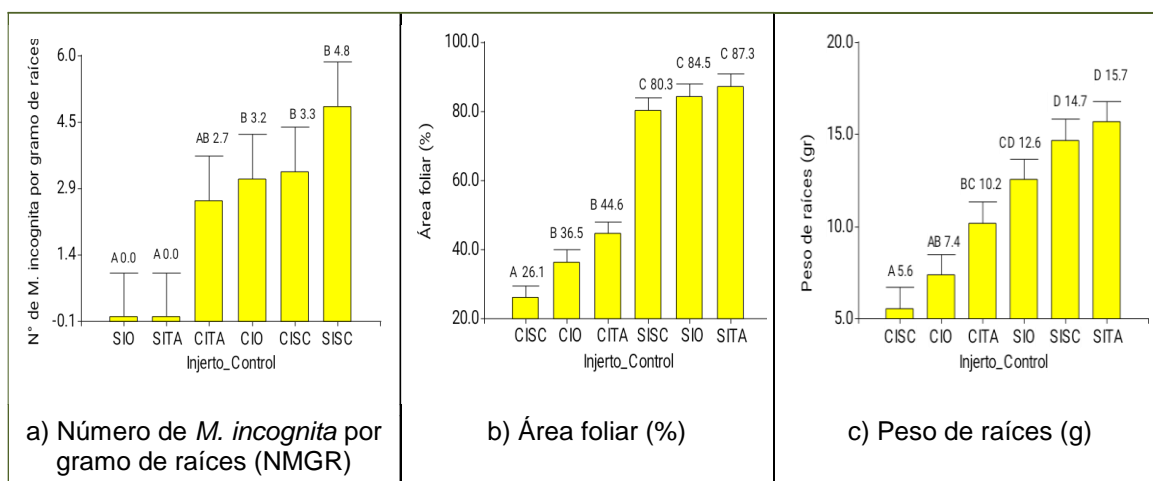
Cuadro 3. Prueba de hipótesis para contrastes en la interacción Injerto Control para NMGR, área foliar y peso de raíces.

Interacción	NMGR			Área foliar (%)		Peso de raíces (g)	
	Injerto	Control	gl	Fc	Valor de P	Fc	Valor de P
1. CISC_CIO	1	0,01	0,9087	4,36	0,0461*	1,29	0,2649
2. CISC_CITA	1	0,21	0,6470	13,74	0,0009**	8,65	0,0065**
3. CISC_SISC	1	1,09	0,3065	118,14	<0,0001**	33,47	<0,0001**
4. CISC_SIO	1	5,36	0,0282*	136,98	<0,0001**	19,65	0,0001**
5. CISC_SITA	1	5,36	0,0282*	150,18	<0,0001**	41,21	<0,0001**
6. CIO_SISC	1	1,34	0,2569	77,13	<0,0001**	21,60	0,0001**
7. CIO_SIO	1	4,84	0,0363*	92,49	<0,0001**	10,86	0,0027**
8. CIO_SITA	1	4,84	0,0363*	103,39	<0,0001**	27,89	<0,0001**
9. CITA_SISC	1	2,26	0,1436	51,30	<0,0001**	8,09	0,0082**
10. CITA_SIO	1	3,43	0,0746	63,96	<0,0001**	2,23	0,1467
11. CITA_SITA	1	3,43	0,0746	73,08	<0,0001**	12,10	0,0017**
12. SIO_SISC	1	11,27	0,0023**	0,70	0,4109	1,83	0,1872
13. SISC_SITA	1	11,27	0,0023**	1,92	0,1768	0,40	0,5314

Notas: ** =Diferencias significativas con valores de P<0,01; NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; gl= grados de libertad; Fc = valor calculado del parámetro F. CISC= Con injerto_ sin control; CIO= Con injerto_ Oxamilo; TA= *Trichoderma atroviride*; CITA= Con injerto_TA; SIO= Sin injerto_Oxamilo; SISC= Sin injerto_Sin Control; SITA= Sin injerto_TA.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$); NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; CISC= Con injerto_ sin control; CIO= Con injerto_ Oxamilo; TA= *Trichoderma atroviride*; CITA= Con injerto_TA; SIO= Sin injerto_Oxamilo; SISC= Sin injerto_Sin Control; SITA= Sin injerto_TA.

Figura 2. Diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$) para la interacción Injerto_Control, según las variables NMGR, área foliar y peso de raíces.

Efecto del factor control

- **Diámetro del tallo y largo de la planta**

Con relación al control, (Figura 3 a y b), los promedios obtenidos en diámetro del tallo y largo de la planta, mostraron la contundencia del control con *T. atroviride* sobre Oxamilo y sin control. Se ha observado en plantas de la variedad Caturra inoculadas con *Trichoderma viride* y *T. harzianum* en vivero, que se produce plántulas de café con alta calidad y vigor, mayor longitud de planta y diámetro del tallo, área foliar, número de pares de hoja y peso seco (Guilcapi, 2009; Cupull et al., 2010).

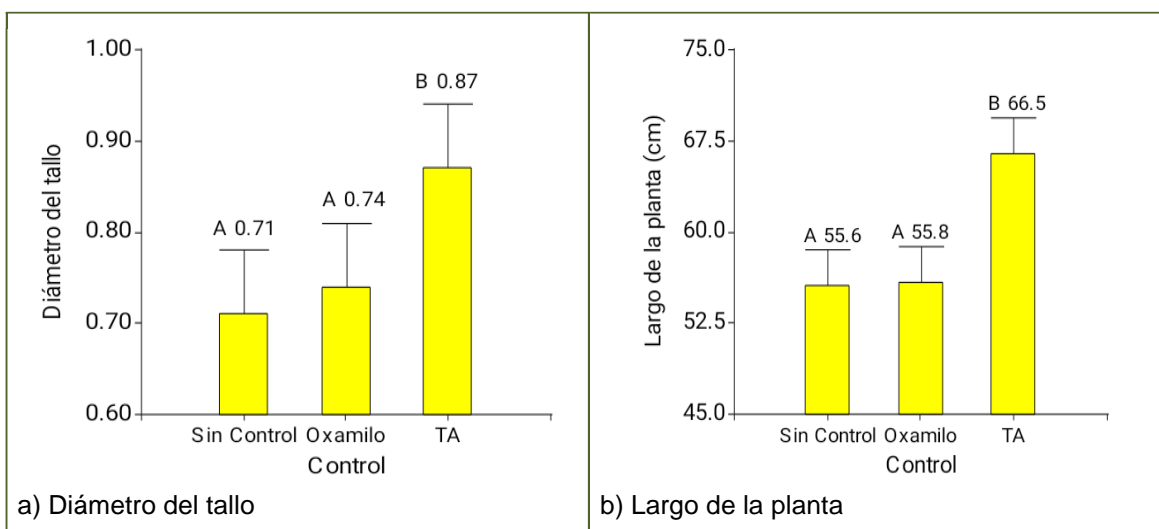
Efecto del factor injerto

- **Efecto sobre el peso seco**

La propagación por injerto también afectó al peso seco de las plantas. Según se muestra en la Figura 4a, existió una disminución significativa del peso de materia seca en plantas injertadas. Esta disminución en el peso de materia seca se debe a que la propagación por injerto deteriora los mecanismos internos de control del crecimiento, dando a lugar cambios fisiológicos y de nutrición que se expresan como un menor peso de materia seca en las plantas injertadas sobre patrón Robusta (Bragança et al., 2010).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$). TA= Control con *T. atroviride*

Figura 3. Diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$) para el factor control, según las variables diámetro del tallo y largo de las plantas en centímetros.

Estos cambios fisiológicos y de nutrición que afectan la eficiencia de los mecanismos de absorción y traslocación nutricional de las plantas, varían en forma significativa de acuerdo a la combinación de injerto/portainjerto, y se demuestra con la variedad Oeiras que no se benefició del injerto ya que su producción de materia seca total disminuyó en comparación con plantas no injertadas; a diferencia, Catuaí 15 fue más eficiente en la producción de materia seca y en el uso de boro y Zinc cuando se injertó sobre Conilon, ES-26 y ES-23. Otro aspecto importante es que en plantas injertadas se producen valores bajos de absorción de nutrientes como boro, hierro y manganeso debido a la influencia negativa del patrón utilizado. Por estas razones, se puede inferir que el sistema de raíces de la especie *C. canephora* es muy sensible a la toxicidad por micronutrientes como B, Zn, Fe, Mg, lo que produce niveles críticos de micronutrientes en las hojas, mucho menor que en *C. arabica*. (Alfonsi, 2003; Tomaz et al., 2011; Ferreira et al., 2013).

- **Efecto sobre el peso de follaje y tallo, diámetro del tallo y largo de planta**

En cuanto al factor injerto, las variables peso de follaje y tallo, diámetro del tallo y largo de plantas tuvieron un mejor comportamiento en plantas sin injerto (Figura 4b, c y d).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

El efecto del injerto sobre las variables en estudio es controversial, pues se ha encontrado interacciones no significativas entre variedades e injerto, o entre plantas injertadas versus no injertadas en variables como la altura de planta y número de ramas del tallo principal; además, de resultados variados a favor y en contra del injerto, asociados a las variedades usadas como injerto y las usadas como porta injerto (Tomaz et al., 2000a; Castro et al., 2010; Reyes González et al., 2016).

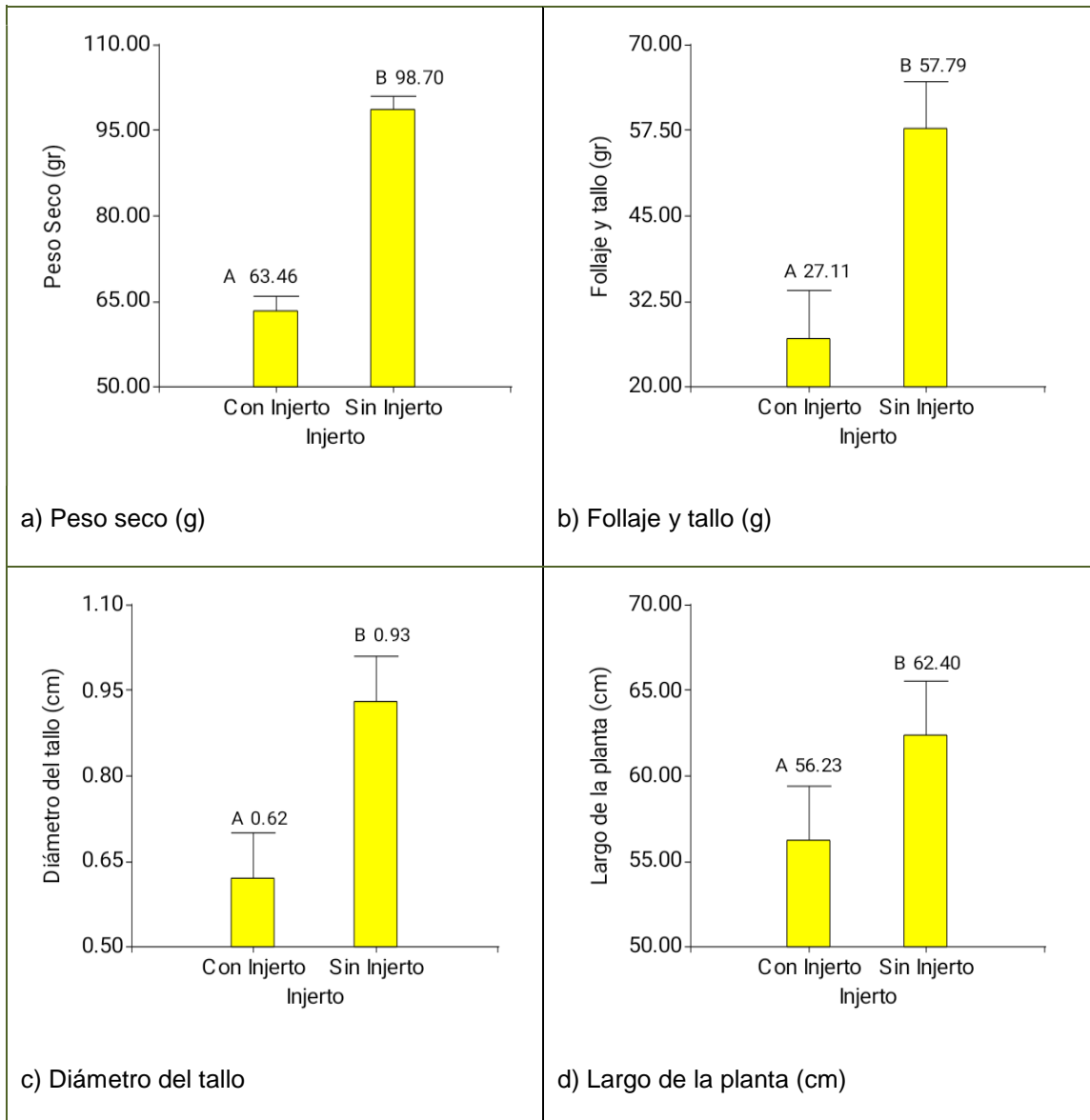
En plantas jóvenes de *C. arabica* injertadas sobre *C. canephora* hubo mayor desarrollo de la parte aérea hasta 1,8 veces más follaje, mayor tasa relativa de crecimiento hasta 1,4 veces más grandes que en plantas no injertadas (Costa et al., 1991; Fahl et al., 1988; Tomaz et al., 2000b). En suelos altamente infectados por *M. incognita* los cafetos injertados sobre patrón de Robusta presentaron buena tolerancia, superando en un 30% en producción a los no injertados, aumentos significativos de altura, diámetro de la copa y producción de plantas injertadas, en comparación con no injertadas (Fazuoli et al., 1983; Paz González y Escamilla Prado, 2016).

Efecto del factor variedad

El efecto independiente del factor variedad solo se manifestó sobre el largo de las plantas. La variedad Caturra es más alta que Pacamara (Figura 5), aunque ambas variedades son de tamaño bajo, existe la posibilidad de que Pacamara sea más baja y compacta por la heredabilidad de la variedad Pacas, uno de sus progenitores; también, hay que tomar en cuenta las diferencias fisiológicas entre variedades con relación a la eficiencia nutricional y su influencia sobre el contenido de materia seca como se ha explicado anteriormente (Ferreira et al., 2013).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

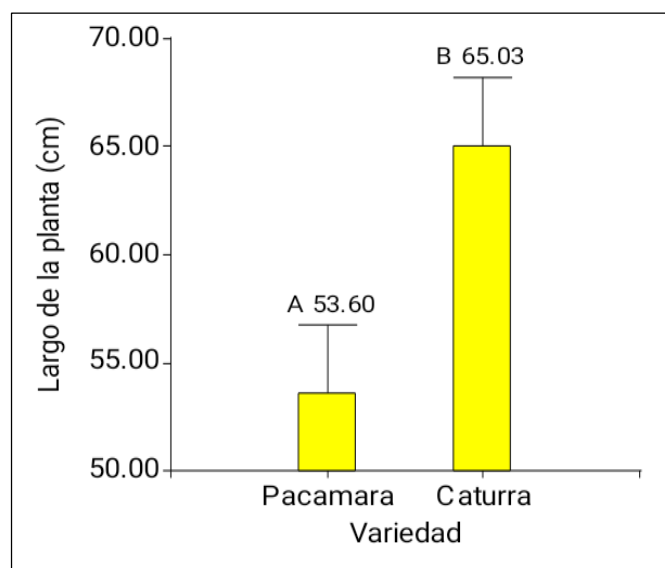


Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figura 4. Diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$) para el factor injerto, según las variables peso seco, follaje y tallo, diámetro del tallo y largo de las plantas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Figura 5. Diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$) para el factor variedad, según el largo de las plantas.

CONCLUSIONES

- La práctica de injertar *C. arabica* var. Caturra y Pacamara en patrón de *C. canephora* var. Robusta como método de manejo para el control de *Meloidogyne incognita* en la fase de vivero, no causó disminución significativa en las poblaciones de este nematodo en las raíces del porta injerto.
- El manejo de *M. incognita* con el uso de *Trichoderma atroviride*, una práctica de control biológico compatible con el medio ambiente, demostró ser altamente efectiva debido a la reducción significativa de las poblaciones del nematodo en las raíces del porta injerto.
- El uso de Oxamilo como práctica de control químico para el manejo de *M. incognita* también fue efectivo, pues disminuyó las poblaciones del nematodo en las raíces; sin embargo, se debe tomar en cuenta su alta toxicidad e impacto que sobre el ambiente tiene este nematicida; siendo preferible, el uso *T. atroviride* a una concentración de $1,0 \times 10^9$ esporas/mL, aplicado sobre el suelo de la bolsa a dosis de 10 mL/planta al momento del trasplante. De esta manera, se obtiene una protección altamente efectiva,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

sin detrimento del crecimiento y vigor de las plantas y sin riesgos humanos y ambientales.

- Por otra parte, la práctica del injerto de *C. arabica* var. Caturra y Pacamara en patrón *C. canephora* reveló efectos altamente perjudiciales en el crecimiento y vigor de las plantas en vivero, además de evidenciarse claramente la proliferación de la enfermedad Mancha de hierro *Cercospora coffeicola* Berk y Cook en el follaje.

REFERENCIAS

- Alfonsi, E. L. (2003). Avaliação do potencial para porta-enxerto de genótipos de *coffea*, por meio de características fisiológicas de crescimento, trocas gasosas fotossintética e nutrição mineral. [Tesis Mag. Sao Paulo. Brasil. Campinas]. 87 p.
- Alpizar, E., Etienne, H., y Bertrand, B. (2007). Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea arabica*. *Crop Protection*. 26(7): 903-910. Solo resumen.
- Anastasiadis, I. O., Giannakoub, D. A., y Prophetou-Athanasiadou, S. R. (2008). The combined effect of the application of a biocontrol agent *Paecilomyces lilacinus*, with various practices for the control of root-knot nematodes. *Crop Protection*, 27(3-5):352-361.
- Anzueto, F., Bertrand, B., y Dufour, M. (1995). Nemaya. Desarrollo de una variedad porta-injerto resistente a los principales nematodos de América Central. Boletín Promecafe. 66-67:13-14. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7910>
- Asociación de Productores de Renacimiento. (2014). Plan estratégico para la Caficultura de Renacimiento 2015-2020. Panamá. 49 p.
- Barros, A. F., Oliveira, R. D. L., Lim, I. M., Coutinho, R. R., Ferreira, A. O., y Costa, A. (2014). Root-knot nematodes, a growing problem for Conilon coffee in Espírito Santo State, Brazil. *Crop Protection*, 55:74-79. Solo resumen.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

- Bertrand, B., Ramirez, G., Topart, P., y Anthony, F. (2002). Resistance of cultivated coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) trees to corky-root caused by *Meloidogyne arabicida* and *Fusarium oxysporum*, under controlled and field conditions. *Crop Protection*, 21:713-719.
- Bragança, S. M., Martínez, H. E. P., Leite, H.G., Santos, L. P., Lani, J. A., Sedyama, C. S., y Álvarez, V. H. (2010). Acumulação de matéria seca pelo cafeeiro Conilon. *Ceres*, 57(1):48-52.
- Caillaud, M. C., Dubreuil, G., Quentin, M., Perfus- Barbeoch, L., Lecomte, P., de Almeida Engler, J. A., Abad, P., Rosso, M. N., y Favery, B. (2007). Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. *Journal of Plant Physiology*, 165(1):104-113. Solo resumen.
- Carrillo, F. J., García, E. R., Allende, M. R., Márquez, Z. I., y Cruz, O. J. (2000). Identificación y Distribución de Especies del Nematodo Nodulador (*Meloidogyne* spp.) en Hortalizas, en Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2):115-119.
- Castro, C. B. L., Cortina, G. H. A., y Sánchez, A. P. M. (2010). Evaluación de injertos de café sobre patrones resistentes a *Ceratocystis fimbriata*. Eil. Halts. Hunt. *Cenicafé*, 61(1):46-54.
- Costa, W. N., Goncalves, W., y Fazuoli, L. C. (1991). Producao do café mundo-novo em porta-enxertos de *Coffea canephora* en area infestada com *Meloidogyne incognita* raza 1. *Nematologia Brasileira*, 15(1):43-50. Solo resumen.
- Cupull, S. R., Ortiz, A. A., y Sánchez, E. C. (2010). Efecto de *Trichoderma viride* Rifai en el desarrollo de los injertos hipocotiledonares de café. *Centro Agrícola*, 37(4):37-40.
- de Paiva Custódio, A. A., Pozza, E. A., da Silva Costa G, S., Koshikumo Maneti, E. S., Agredo Hoyos, J. M., y de Souza, P. E. (2011). Comparison and validation of



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

diagrammatic scales For brown eye spots in coffee tree leaves. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6): 1067-1076.

Di Rienzo, J. A., Balzarini, M. G., Casanoves, F., González, L. A., Robledo, C. W., y Tablada, E. M. (2008). *InfoStat, versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 334 p.

Duicela Guambi, L. A., Corral Castillo, R., Zambrano Azúa, L., Romero Romero, F., y Palma Ponce, R. (2003). *Injertación de variedades de café arábigo sobre patrón de café Robusta*. Consejo Cafetalero Nacional. Manabí, Ecuador. pp. 213-228.

Durán-Mora, J., y Guzmán, T. (2017). Comportamiento de nematodos fitoparásitos en dos sistemas de cultivo de tomate convencional en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 30(3): 11 p.

Fahl, J. I., Caravalo Carelli, M. L., Gallo, P. B., Marques da Costa, W., y de Salvo Soares Novo, M. do C. (1998). Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. *Bragantia*, 57(2):297-312.

Fazuoli, L. C., Costa, W. M., y Bortoletto, N. (1983). Efeito do porta-enxerto LC2258 de *Coffea canephora*, resistente a *Meloidogyne incognita*, no desenvolvimento e produção iniciais de dois cultivares de *Coffea arabica*. En Redcafe (eds). Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras. Brasil. pp.113-115.

Ferreira, A. D., Rodríguez C, G., Costa de Rezende, J., Machado Rezende, R., Botelho, C. E., y de Carvalho, A. M. (2013). Dinámica de micronutrientes en las plantas de café injertados. *Ceres*, 60(2):262-269.

Ferreira, P., Ferraz, S., López, E., y Grassi, L. (2008). Parasitismo de ovos de *Meloidogyne exigua* por fungos nematófagos e estudo da compatibilidade entre os isolados fúngicos. *Trópica Ciências Agrárias e Biológicas*. 2(3):15.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

- Franco, A. L. C., Knox, M. A., Andriuzzi, W. S., de Tomasel, C. M., Sala, O. E., y Wall, D. H. (2017). Nematode exclusion and recovery in experimental soil microcosms. *Soil Biology and Biochemistry*, 108:78-83. Solo resumen.
- Godoy, T., y Yáñez, M. (1999). *El nematodo agallador*. Memorias del curso de fitopatógenos del suelo en hortalizas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Méjico, 19-22 p.
- González, F. M., Hernández, A., Casanova, A., Depestre, T., Gómez, L., y Rodríguez, M. G. (2008). El injerto herbáceo: Alternativa para el manejo de Plagas del suelo. *Protección Vegetal*, 23(2): 69-74.
- Guerra-Castillo, B. D. (2004). Experiencias del manejo de las enfermedades fungosas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en finca de pequeños caficultores en la aldea La Montaña, Moyuta, Jutiapa. [Tesis Lic. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos]. 55 p.
- Guilcapi, E. D. (2009). Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en la producción de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra a nivel de vivero. [Tesis Lic. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. 95 p.
- Guzmán P, O. A., y Castaño Z, J. (2010). Identificación de Nematodos Fitoparásitos en Guayabo (*Psidium guajava* L.), en el Municipio de Manizales (Caldas), Colombia. *Academia Colombiana de Ciencia*, 34(130):117-125.
- Leguizamon Caycedo, J. E. (1987). *Los nematodos del cafeto en Colombia y su control*. CENICAFE. Colombia. pp. 73-80.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/713/13/13%20Nematodos%20cafeto%20y%20control.pdf>
- Lima López, M. K. (2015). Evaluación de productos alternativos para el control de nematodos asociados a café, en Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa. [Tesis Lic. Jutiapa. Guatemala. Universidad Rafael Landívar]. 90 p.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

- López, I. G. (2009). Control de *Meloidogyne* sp. en viveros de café (*Coffea arabica* L.) mediante el hongo *Paecilomyces lilacinus*. [Tesis Ph.D, El Salvador, Universidad de El Salvador]. 84 p.
- Muñoz, J. (2014). *Metodología para multiplicación de hongos endofíticos*. PCCMCA (Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales). 59, 2014, Managua, Nicaragua. Panamá, IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). Poster.
- Paz González, A., y Escamilla-Prado, E. (2016). *Manual de propagación de cafetos injertados*. 2ª. ed. Veracruz, México. Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 31 p.
- Rengifo G, H. G., Leguizamon C, J. E., y Riaño H, N. M. (2006). Incidencia y severidad de la mancha de hierro en plántulas de *Coffea arabica* en diferentes condiciones de nutrición. *Cenicafé*, 57(3):232-242.
- Reyes González, F; Escamilla Prado, E; Pérez Portilla, E; Almaguer Vargas, G; Curiel Rodríguez, A; Hernández Gómez, J. A. (2016). Evaluación de productividad, calidad física y sensorial del grano del café (*Coffea arabica* L.), en cafetos injertados en el CRUO, Huatusco, Veracruz. *Geografía Agrícola*, 56:45-53. <https://www.redalyc.org/pdf/757/75749287006.pdf>
- Reyna, E. H. (1966). *Un nuevo método de injertación en café*. Dirección General de Investigación y Control. Ministerio de Agricultura. Guatemala. Boletín técnico N° 21: 40 p.
- Rodríguez, R. C., Corbea Suárez, O., Barroso, R., y Cardoso González, E. M. (2006). Evaluación de la efectividad de *Trichoderma harzianum* en el control de *Meloidogyne incognita* en la agricultura urbana de la provincia de Matanzas, Cuba. *Fitosanidad*, 10(2):11.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

- Rojas, M., y Salazar, L. (2013). Densidad crítica de *Meloidogyne exigua* en plantas de almácigo De café variedad Caturra. *Agronomía Costarricense*, 37(2):115-123.
- Sahebani, N., y Hadavi, N. (2008). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(8):2016-2020. Solo resumen.
- Sandoval, B., y Claudio, R. (2004). Manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). Universidad de Talca, Chile. 53 p.
- Sharon, E., Bar, M., Chet, I., Herrera, A. E., Kleifeld, O., y Spiegel, Y. (2001). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Biological Control*, 91(7):687-693.
- Shuang, Z., Hui-cai, Z., y Zhi-qiang, J. (2017). Influences of different tillage and residue management systems on soil nematode community composition and diversity in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 107: 234–243. Solo resumen.
- Snedecor, G. W., y Cochran, W. (1970). Métodos estadísticos aplicados a la investigación agrícola y biológica. 3ª edición. Méjico. Editorial Continental, S. A. 626p.
- Szabó, M., Urban, P., Viranyi, F., Kredics, L., y Fekete, C. (2013). Comparative gene expression profiles of *Trichoderma harzianum* proteases during *in vitro* nematode egg-parasitism. *Biological Control*, 67(3): 337-343. Solo resumen.
- Tomaz, M. A., Martínez, H. E. P., Rodríguez, W. N., Ferrari, R. B., Pereira, A. A., y Sakiyama, N. S. (2011). Eficiencia de absorción y la utilización de boro, zinc, cobre y manganeso en plántulas de café injertado. *Ceres*, 58(1):108-114.
- Tomaz, M. A., Sakiyama, N. S., Martínez, H. E. P., Pereira, A. A., Cruz, C.D., y Zambolim, L. (2000a). *Avaliação do desenvolvimento vegetativo de mudas enxertadas de*



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

cafeeiros. II simposio de pesquisas dos café do Brasil. pp. 90-93.
http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio1/Agro25.pdf

Tomaz, M. A., Ferrari, R. B., Cruz, C. D., Martínez, H. E. P., Fonseca, A. F. A., Pereira, A. A., y Sakiyama, N.S. (2000b). *Crescimento de raiz e parte aérea de plantas de cafeeiro enxertadas, cultivadas em vaso*. II simposio de pesquisas dos café do Brasil. pp. 148-151.
http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio4/p148.pdf

Yuji, J., Bo, S., Chen, J., y Feng, W. (2013). Soil aggregate stratification of nematodes and microbial communities affects the metabolic quotient in an acid soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 60:1-9. Solo resumen.

Zhang, S. W., Gand, Y. T., y Xu, B. L. (2015). Biocontrol potential of a native species of *Trichoderma longibrachiatum* against *Meloidogyne incognita*. *Applied Soil Ecology*, 94:21-29. Solo resumen.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).