

## Comportamiento de *Coffea arabica* L. injertadas sobre *Coffea canephora* en presencia de nematodos en vivero

Growth of *Coffea arabica* grafted onto *Coffea canephora* in presence of nematodes in nursery

Alberto Julca Otiniano, Eduard Andía Alarcón, Silvia Estelita Castro & Ricardo Borjas Ventura\*

Facultad de Agronomía, Departamento de Fitotecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina Lima-Perú

\*Autor para correspondencia, e-mail: rborjas@lamolina.edu.pe

### ARTÍCULO ORIGINAL

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido 05-02-2018  
Artículo aceptado 28-06-2018  
On line: 27-04-2018

#### PALABRAS CLAVES:

*Meloidogyne*,  
vivero,  
crecimiento,  
calidad de planta.

### RESUMEN

En el Perú aún no se ha cuantificado la respuesta de nuevos cultivares de café (*Coffea arabica* L.) injertados sobre *Coffea canephora* en presencia de *Meloidogyne*, por tanto, este ensayo tuvo como objetivo conocer el comportamiento en vivero de seis variedades de café (Acaia, Catuai, Icatú Vermelho, Ibairi, Mundo Novo y Caturra Vermelho), injertadas sobre *C. canephora*, en presencia de estos organismos. Se evaluó de altura de planta (A), diámetro de tallo (D), número de hojas (NH), peso fresco (PF), el peso seco (PS) de plantas, índice de Esbeltez (IE) y el Índice de Calidad de Dickson (ICD). Los resultados mostraron la interacción que existe entre el tipo de cultivar usado como pluma y la presencia de nematodos, usando como patrón *C. canephora*. Es importante destacar el comportamiento de Icatú Vermelho/Robusta (inoculado) y Caturra Vermelho/Robusta (inoculado), los cuales mostraron una mejor performance frente a la presencia de nematodos.

### ORIGINAL ARTICLE

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido 05-02-2018  
Artículo aceptado 28-06-2018  
On line: 27-07-2018

#### KEYWORDS:

*Meloidogyne*,  
nursery,  
development,  
plant quality.

### ABSTRACT

In Peru, the performance of new grafted coffee cultivars (*Coffea arabica* L.) onto *Coffea canephora*, in the presence of *Meloidogyne*, has not yet been quantified, therefore, this essay had as objective to quantify the behaviour of six cultivars of coffee (Acaia, Catuai, Icatú Vermelho, Ibairi, Mundo Novo and Caturra Vermelho), grafted onto *C. canephora*, in the presence of these organisms. Plant height (A), shoot diameter (D), number of leaves (NH), fresh weight (PF), dry weight (PS) of plants, slenderness index (IE) and the Dickson quality index (ICD) were evaluated. The results showed the interaction between the type of cultivar and the nematodes, using *C. canephora* as a rootstocks. It is important to highlight the performance of Icatú Vermelho / Robusta (inoculated) and Caturra Vermelho / Robusta (inoculated), they showed a better performance facing the presence of nematodes.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en Perú, el café (*Coffea arabica*) se ha convertido en el primer producto de exportación, especialmente el café producido bajo un sistema orgánico según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2018). Sin embargo, aún se tienen muchos retos que superar dentro de la cadena productiva de este tipo de café, entre los cuales destaca el manejo de nematodos.

Los nematodos son organismos capaces de causar grandes pérdidas en la producción de café, las cuales van desde 60%-90% (Barbosa, Souza y Vieira, 2010), aunque, en casos extremos Carvalho et al. (2017) relataron que cultivares susceptibles produjeron 20 veces menos café que los cultivares resistentes. Asimismo, en Perú, se ha reportado el género *Meloidogyne* en *Coffea arabica* L. (Guevara, Mestanza, Oliva y Vera, 2015).

Las grandes pérdidas que pueden causar los nematodos, torna importante una investigación sobre el control de esta plaga, especialmente de aquellos métodos de control que tengan un menor impacto en el medio ambiente y que puedan estar al alcance de los pequeños productores de café. Uno de estos métodos es el uso de plantas injertadas, usando como portainjerto materiales genéticos resistentes (Barros, Oliveira, Zambolin, Ferreira y Coutinho, 2011).

El injerto en plantas, es una técnica que data de muchos años de antigüedad y que ha sido, y es, practicado en diferentes cultivos que van desde hortalizas hasta frutales. El injerto o planta injertada está formada por dos partes: 1) injerto o pluma y 2) portainjerto o patrón, que en el caso del café es *Coffea canephora*, el cual tiene entre sus características la resistencia a los nematodos (Santos et al., 2017). En relación a la interacción injerto-portainjerto, esta respuesta depende de diversos factores como el material vegetal usado y las condiciones climáticas donde se desarrollan las plantas injertadas (Barbosa et al., 2014). Al estar envueltos factores genéticos y

ambientales, la respuesta de la planta es muy variada y además única en función de las características locales.

En los últimos años Julca et al. (2011) introdujeron nuevos materiales genéticos de café al Perú, los mismos que no han sido probados en relación con su comportamiento en un sistema de propagación por injertos y frente a la presencia de nematodos del género *Meloidogyne*. Por tanto, se carece de información básica que permita mejorar el manejo de este fitopatógeno. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue cuantificar la respuesta de nuevos cultivares de café injertados sobre *C. canephora* expuestos a la presencia de nematodos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

El experimento se llevó a cabo entre los meses de enero y julio del 2015, en el Fundo La Génova de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado a 11°00' -11°15' LS y 75°15' -75°30' LO, en el distrito de San Ramón, departamento de Junín (Perú).

### Material vegetal

Se usó como portainjerto el cultivar Robusta (*Coffea canephora*), entre cuyas características destaca a resistencia a nematodos (Santos et al., 2017). Como injertos fueron usados los cultivares Acaia, Catuaí, Icatú Vermelho, Ibairi, Mundo Novo y Caturra Vermelho. Tanto el portainjerto como los injertos fueron obtenidos del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### Fase de germinador

Para la germinación de las semillas se usaron camas de un 1 m de ancho, 0.30 m de altura y 1 m de largo, además el substrato usado fue arena de río. Una vez colocadas las semillas en el substrato se procedió a tapparlas con una fina capa de arena de 0.5 -1.0 cm de altura. A 65 días después de la siembra se procedió al injerto tipo hendidura o hipocotiledonar, de acuerdo con lo indicado por la Asociación Nacional de Café (ANACAFE, 2017), el patrón en estado de “mariposa” y el injerto en estado de “fosforito”.

### Fase de almácigo

Para la instalación del almácigo se usaron bolsas negras (5" x 7" x 1 1/2) con capacidad de 0.5 kg. En cada bolsa se colocó una planta injertada. Como sustrato se usó una mezcla de arena y tierra de chacra (de clase textural Franco arcillo arenoso) (Tabla 1) en una proporción de 2/3. La tierra de chacra fue previamente desinfectada con un tratamiento térmico (80 °C/1 hora). El análisis del sustrato fue en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Page, 1982).

En relación con el manejo agronómico en esta fase, los riegos fueron frecuentes para mantener el sustrato en capacidad de campo. El control de malezas fue manual para evitar daños a las plántulas de café.

### Inoculación de nematodos

Como inóculo del género *Meloidogyne*, se usaron huevos + J<sub>2</sub> (10000/kg sustrato), obtenidos de raíces de plantas de café con síntomas de agallas, según la metodología de Rojas y Salazar (2013).

**Tabla 1.** Características químicas del sustrato usado en vivero durante el experimento con *Coffea arabica* y nematodos.

| Características       | Valor | Característica                                     | Valor  |
|-----------------------|-------|--|--------|
| pH                    | 5.96  | Potasio (ppm)                                      | 111.00 |
| CE (Ds/m)             | 0.34  | CIC (cmol <sub>c</sub> <sup>+</sup> /kg)           | 15.68  |
| CaCO <sub>3</sub> (%) | 0.00  | Suma cationes (cmol <sub>c</sub> <sup>+</sup> /kg) | 12.74  |
| MO (%)                | 2.60  | Suma bases (cmol <sub>c</sub> <sup>+</sup> /kg)    | 12.64  |
| Fósforo (ppm)         | 24.30 | % Saturación Bases                                 | 81.00  |

MO: Materia orgánica; CIC: Capacidad de Intercambio catiónico; CE: Conductividad eléctrica

### Tratamientos y variables evaluadas

Se utilizaron 12 tratamientos con 10 repeticiones (1planta=1 repetición), tal como se muestra en la Tabla 2. Una vez realizado el injerto se procedió a evaluar las plantas, mensualmente, hasta los 120 días. Las variables evaluadas fueron: la altura de planta (cm), para lo cual se midió la longitud del tallo desde la base del mismo hasta el ápice. El crecimiento radical del tallo (diámetro de tallo) (mm), en este caso la medición se realizó a un centímetro encima de la zona de injerto y finalmente, se anotó el aumento del número de hojas. En la última evaluación se

determinó el peso fresco y seco de planta (g), relación parte aérea/raíz, Índice de Esbeltez (IE) o Índice de Robustez (IR) e Índice de Calidad de Dickson (ICD) el cual integra la relación entre la masa seca total de la planta (g) y la suma del Índice de esbeltez (IE) y la relación parte seca aérea/parte seca radical o Índice de Tallo-Raíz (ITR). Para el peso seco se colocaron las plantas en una estufa por 48 horas a 75 °C.

En el caso del IE o IR, se usó la fórmula A/D (Villar, 2003). De acuerdo con Dickson y Hosner (1960) el ICD se calculó con la fórmula  $PST/[(A/D) + (PS-PA/PS-R)]$ , siendo D: Diámetro de tallo (mm), A: Altura de planta (cm), PST: Peso seco total (gr), PS-PA: Peso seco de parte aérea (g) y PS-R: Peso seco de raíz (g).

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos estudiados durante el ensayo con *Coffea arabica* y nematodos.

| Tratamiento | Descripción              | <i>Meloidogyne</i> spp. |
|-------------|--------------------------|-------------------------|
| 1           | Acaia/Robusta            | Sí                      |
| 2           | Acaia/Robusta            | No                      |
| 3           | Catuai/Robusta           | Sí                      |
| 4           | Catuai/Robusta           | No                      |
| 5           | Icatú Vermelho/Robusta   | Sí                      |
| 6           | Icatú Vermelho/Robusta   | No                      |
| 7           | Ibairi/Robusta           | Sí                      |
| 8           | Ibairi/Robusta           | No                      |
| 9           | Mundo Novo/Robusta       | Sí                      |
| 10          | Mundo Novo/Robusta       | No                      |
| 11          | Caturra Vermelho/Robusta | Sí                      |
| 12          | Caturra Vermelho/Robusta | No                      |

### Diseño y análisis estadísticos de datos

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial, siendo el primer factor Cultivar (6 cultivares) y el segundo factor nematodos (presencia y ausencia de nematodos), dando un total de 12 tratamientos. Una vez hechas las evaluaciones, se realizó un ANOVA y la comparación de medias mediante la prueba de Scott-Knott (95%). Además, se realizó un agrupamiento jerárquico y el análisis de componentes principales. El procesamiento de datos fue realizado con el software estadístico MINITAB.

## RESULTADOS

En general, la interacción de los factores estudiados, se vio reflejada en las variables evaluadas (Tabla 3). En algunos casos como en el índice de Esbeltez (IE)

no hubo efecto por parte del factor cultivares. En las variables número de hojas (Nro. Hojas), peso seco del tallo (PS-Tallo), relación parte aérea/Raíz (A/R), índice de Esbeltez (IE) e índice de calidad de Dickson (ICD) no hubo efecto de la presencia de nematodos. En relación a la interacción de ambos factores, se detectó que no tuvo efecto sobre el diámetro de tallo (D) y el índice de Esbeltez (IE).

**Tabla 3.** Suma de cuadrados del análisis factorial de cada una de las variables evaluadas durante el experimento con *Coffea arabica* y nematodos.

| Variables           | Suma de cuadrados medios |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
|                     | Cultivares               | Meloidogyne         | Cultivares x Meloidogyne |
| Altura (cm)         | 53.86**                  | 27.02*              | 19.07**                  |
| Diámetro tallo (mm) | 0.89**                   | 1.08*               | 0.49 <sup>ns</sup>       |
| Nro. Hojas          | 8.76*                    | 2.84 <sup>ns</sup>  | 2.55**                   |
| PF-Raíz (g)         | 5.65**                   | 2.05**              | 2.94**                   |
| PF-Tallo (g)        | 0.16**                   | 0.17*               | 0.26**                   |
| PF-Hojas (g)        | 1.1**                    | 2.28**              | 4.77**                   |
| PF-Aéreo (g)        | 1.37**                   | 3.68**              | 7.07**                   |
| PS-Raíz (g)         | 1.17**                   | 0.31**              | 0.62**                   |
| PS-Tallo (g)        | 0.064**                  | 0.058 <sup>ns</sup> | 0.32**                   |
| PS-Hojas (g)        | 0.83**                   | 0.29*               | 0.61**                   |
| PS-Aéreo (g)        | 1.07**                   | 0.60**              | 1.19**                   |
| A/R                 | 10.23**                  | 0.000 <sup>ns</sup> | 5.20**                   |
| IE                  | 0.05 <sup>ns</sup>       | 0.02 <sup>ns</sup>  | 0.02 <sup>ns</sup>       |
| ICD                 | 2.63**                   | 0.10 <sup>ns</sup>  | 1.75**                   |

PS: Peso seco, PF: Peso fresco, A/R: Relación parte peso seco de la parte aérea y la raíz, IE: Índice de esbeltez, ICD: Índice de Calidad de Dickson. Altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ) (\*\*), significativo ( $p \leq 0.05$ ) (\*), no significativo (ns)

En la altura de planta, se observó un aumento constante a medida que transcurría el tiempo. Asimismo, los injertos más destacados fueron Catuaí/Robusta, Ibairi/Robusta y Mundo Novo/Robusta, en todos los casos en presencia de nematodos ( $p \leq 0.05$ ) (Tabla 4).

Por otra parte, al comparar los injertos Catuaí/Robusta, Ibairi/Robusta y Mundo Novo/Robusta, en presencia de nematodos, versus sus pares no inoculados, notamos que los injertos inoculados fueron 12%, 18% y 19% más altos que los no inoculados ( $p \leq 0.05$ ). Además, se notó que la menor altura de planta fue alcanzada por Icatú Vermelho/Robusta (no inoculado), el cual tuvo 14% menos altura que Icatú Vermelho/Robusta (inoculado).

**Tabla 4.** Altura de planta en cada momento de evaluación del ensayo con *Coffea arabica* y nematodos.

| Tratamientos                          | Altura de planta |                 |                 |                 |                 | Δ%1-5 |
|---------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
|                                       | 1 <sup>ra</sup>  | 2 <sup>da</sup> | 3 <sup>ra</sup> | 4 <sup>ta</sup> | 5 <sup>ta</sup> |       |
|                                       | -----cm-----     |                 |                 |                 |                 |       |
| Acaia/Robusta <sup>1</sup>            | 6.63 b           | 7.70 c          | 9.30 c          | 11.40 b         | 12.75 c         | 92.0  |
| Acaia/Robusta <sup>2</sup>            | 6.12 c           | 7.99 c          | 10.61 b         | 12.84 a         | 14.66 b         | 140.0 |
| Catuaí/Robusta <sup>1</sup>           | 7.61 a           | 9.99 a          | 13.14 a         | 14.57 a         | 16.04 a         | 111.0 |
| Catuaí/Robusta <sup>2</sup>           | 5.97 c           | 8.52 b          | 10.42 b         | 12.28 a         | 14.28 b         | 140.0 |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>1</sup>   | 7.08 b           | 7.94 c          | 9.39 c          | 10.40 b         | 12.14 c         | 72.0  |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>2</sup>   | 6.69 b           | 7.15 c          | 7.94 c          | 8.62 c          | 10.41 d         | 56.0  |
| Ibairi/Robusta <sup>1</sup>           | 7.82 a           | 9.97 a          | 12.13 a         | 14.06 a         | 17.20 a         | 120.0 |
| Ibairi/Robusta <sup>2</sup>           | 6.92 b           | 8.96 b          | 10.23 b         | 11.89 b         | 14.54 b         | 110.0 |
| Mundo Novo/Robusta <sup>1</sup>       | 6.22 c           | 8.56 b          | 11.81 a         | 13.15 a         | 16.08 a         | 160.0 |
| Mundo Novo/Robusta <sup>2</sup>       | 5.84 c           | 7.63 c          | 9.89 b          | 10.95 b         | 13.54 c         | 140.0 |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>1</sup> | 8.02 a           | 8.77 b          | 10.39 b         | 11.22 b         | 12.77 c         | 60.0  |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>2</sup> | 8.12 a           | 9.06 b          | 10.34 b         | 11.93 b         | 13.86 c         | 71.0  |
| EE                                    | 0.27             | 0.40            | 0.54            | 0.63            | 0.70            |       |

<sup>1</sup>Inoculado, <sup>2</sup>No inoculado, EE: Error estándar. En la misma columna, letras diferentes indican diferencia estadística (Scott-Knott, 95%). Δ%1-5: Variación porcentual entre la primera y última evaluación dentro de un mismo tratamiento.

En cuanto al diámetro de tallo, se notó que los mayores valores fueron alcanzados por los tratamientos Acaia/Robusta (no inoculado) Catuaí/Robusta (inoculado), Ibairi/Robusta

(inoculado), Mundo Novo/Robusta (inoculado), Mundo Novo/Robusta (no inoculado), Caturra Vermelho/Robusta (inoculado) y Caturra Vermelho/Robusta (no inoculado) ( $p \leq 0.05$ ) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Diámetro de tallo en cada momento de evaluación en el experimento con *Coffea arabica* y nematodos.

| Tratamientos                          | Diámetro de tallo |                 |                 |                 |                 |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                       | 1 <sup>ra</sup>   | 2 <sup>da</sup> | 3 <sup>ra</sup> | 4 <sup>ta</sup> | 5 <sup>ta</sup> |
|                                       | -----mm-----      |                 |                 |                 |                 |
| Acaia/Robusta <sup>1</sup>            | 1.57 a            | 1.72 a          | 1.94 a          | 2.41 a          | 2.63 b          |
| Acaia/Robusta <sup>2</sup>            | 1.46 b            | 1.74 a          | 1.85 a          | 2.21 b          | 2.78 a          |
| Catuaí/Robusta <sup>1</sup>           | 1.52 a            | 1.67 a          | 1.92 a          | 2.28 b          | 2.79 a          |
| Catuaí/Robusta <sup>2</sup>           | 1.37 b            | 1.59 a          | 1.76 a          | 2.07 b          | 2.43 b          |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>1</sup>   | 1.45 b            | 1.71 a          | 2.03 a          | 2.22 b          | 2.50 b          |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>2</sup>   | 1.65 a            | 1.87 a          | 1.96 a          | 2.10 b          | 2.28 b          |
| Ibairi/Robusta <sup>1</sup>           | 1.54 a            | 1.74 a          | 1.94 a          | 2.34 a          | 3.08 a          |
| Ibairi/Robusta <sup>2</sup>           | 1.37 b            | 1.63 a          | 1.84 a          | 2.18 b          | 2.39 b          |
| Mundo Novo/Robusta <sup>1</sup>       | 1.41 b            | 1.59 a          | 1.85 a          | 2.35 a          | 2.83 a          |
| Mundo Novo/Robusta <sup>2</sup>       | 1.35 b            | 1.58 a          | 1.80 a          | 2.10 b          | 2.74 a          |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>1</sup> | 1.53 a            | 1.70 a          | 1.97 a          | 2.64 a          | 2.99 a          |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>2</sup> | 1.56 a            | 1.88 a          | 2.07 a          | 2.55 a          | 3.09 a          |
| EE                                    | 0.06              | 0.07            | 0.09            | 0.11            | 0.16            |

<sup>1</sup>Inoculado, <sup>2</sup>No inoculado, EE: Error estándar. En la misma columna, letras diferentes indican diferencia estadística (Scott-Knott, 95%).

En relación al número de hojas (Tabla 6), se determinó que el injerto Ibairi/Robusta (inoculado) presentó la mayor cantidad de este tejido en relación a

los otros tratamientos. Además, el tratamiento Ibairi/Robusta (no inoculado), presentó 16% menos hojas que su par inoculado ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 6.** Número de hojas en cada momento de evaluación del ensayo con *Coffea arabica* y nematodos.

| Tratamientos                          | Número de hojas |                 |                 |                 |                 |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                       | 1 <sup>ra</sup> | 2 <sup>da</sup> | 3 <sup>ra</sup> | 4 <sup>ta</sup> | 5 <sup>ta</sup> |
| Acaia/Robusta <sup>1</sup>            | 2.8 b           | 5.3 b           | 7.6 b           | 8.8 b           | 11.1 b          |
| Acaia/Robusta <sup>2</sup>            | 2.7 b           | 5.2 b           | 7.4 b           | 9.3 b           | 12.0 b          |
| Catuaí/Robusta <sup>1</sup>           | 3.6 a           | 6.0 b           | 8.4 a           | 9.8 a           | 12.2 b          |
| Catuaí/Robusta <sup>2</sup>           | 3.2 b           | 5.8 b           | 7.8 b           | 9.8 a           | 11.6 b          |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>1</sup>   | 3.4 a           | 5.0 b           | 7.2 b           | 9.2 b           | 11.4 b          |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>2</sup>   | 2.8 b           | 4.6 b           | 6.4 c           | 8.3 b           | 10.4 b          |
| Ibairi/Robusta <sup>1</sup>           | 4.0 a           | 6.8 a           | 9.4 a           | 11.0 a          | 14.0 a          |
| Ibairi/Robusta <sup>2</sup>           | 3.4 a           | 7.0 a           | 8.4 a           | 9.0 b           | 11.8 b          |
| Mundo Novo/Robusta <sup>1</sup>       | 2.8 b           | 5.6 b           | 8.0 a           | 9.6 a           | 12.2 b          |
| Mundo Novo/Robusta <sup>2</sup>       | 2.6 b           | 5.3 b           | 6.4 c           | 8.4 b           | 10.8 b          |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>1</sup> | 3.8 a           | 6.0 b           | 9.0 a           | 10.2 a          | 11.4 b          |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>2</sup> | 4.4 a           | 7.0 a           | 8.8 a           | 10.6 a          | 12.4 b          |
| EE                                    | 0.3             | 0.38            | 0.43            | 0.51            | 0.57            |

<sup>1</sup>Inoculado, <sup>2</sup>No inoculado, EE: Error estándar. En la misma columna, letras diferentes indican diferencia estadística (Scott-Knott, 95%).

La biomasa fresca de diferentes partes de la planta fue cuantificada (Tabla 7). El peso fresco de la raíz fue superior en el injerto Ibairi/Robusta (inoculado), el cual fue mostró 150% más peso que Ibairi/Robusta (no inoculado). Asimismo, para el peso fresco del tallo, notamos que los injertos con menos masa fueron

Icatú Vermelho/Robusta (no inoculado) e Ibairi/Robusta (no inoculado), los que a su vez fueron 37% y 42% menores a Icatú Vermelho/Robusta (inoculado) e Ibairi/Robusta (inoculado) respectivamente ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 7.** Peso fresco de los diferentes órganos de las plantas de café durante el experimento con nematodos.

| Tratamientos                          | Peso fresco |        |        |        |
|---------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|
|                                       | PF-R        | PF-T   | PF-H   | PF-A   |
|                                       | -----g----- |        |        |        |
| Acaia/Robusta <sup>1</sup>            | 0.96 e      | 0.89 a | 2.07 c | 2.96 c |
| Acaia/Robusta <sup>2</sup>            | 1.43 d      | 0.90 a | 2.78 b | 3.68 b |
| Catuai/Robusta <sup>1</sup>           | 1.36 d      | 0.74 b | 2.50 b | 3.24 c |
| Catuai/Robusta <sup>2</sup>           | 1.10 e      | 0.81 a | 2.41 b | 3.23 c |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>1</sup>   | 2.26 b      | 0.90 a | 3.45 a | 4.35 a |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>2</sup>   | 2.11 b      | 0.57 c | 1.95 c | 2.52 d |
| Ibairi/Robusta <sup>1</sup>           | 2.90 a      | 0.94 a | 2.72 b | 3.67 b |
| Ibairi/Robusta <sup>2</sup>           | 1.16 e      | 0.55 c | 1.24 c | 1.79 e |
| Mundo Novo/Robusta <sup>1</sup>       | 0.83 e      | 0.79 a | 2.33 b | 3.11 c |
| Mundo Novo/Robusta <sup>2</sup>       | 0.87 e      | 0.94 a | 2.60 b | 3.54 b |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>1</sup> | 1.77 c      | 0.93 a | 2.24 b | 3.18 c |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>2</sup> | 1.84 c      | 0.98 a | 2.68 b | 3.65 b |
| EE                                    | 0.12        | 0.06   | 0.16   | 0.18   |

PF-R: Peso fresco de la raíz, PF-T: Peso fresco del tallo, PF-H: Peso fresco de las hojas, PF-A: Peso fresco de la parte aérea, <sup>1</sup>Inoculado, <sup>2</sup>No inoculado, EE: Error estándar. En la misma columna, letras diferentes indican diferencia estadística (Scott-Knott, 95%).

Para el caso de peso fresco de la hoja, los resultados indicaron que el injerto más destacado fue Icatú Vermelho/Robusta (inoculado), el cual fue estadísticamente superior a Icatú Vermelho/Robusta (no inoculado) en 77% ( $p \leq 0.05$ ). En la cuantificación de la biomasa fresca de la parte aérea destacó el tratamiento Icatú Vermelho/Robusta (inoculado), el mismo que aumentó en 73% el peso fresco comparado con Icatú Vermelho/Robusta (inoculado) ( $p \leq 0.05$ ) (Tabla 7).

En relación a la masa seca, se encontró que los injertos Icatú Vermelho/Robusta (inoculado) y

Caturra Vermelho/Robusta (inoculado) presentaron mayor peso seco de raíz ( $p \leq 0.05$ ). Ambos superan a sus pares no inoculados en 34% y 96% respectivamente ( $p \leq 0.05$ ). En el caso del peso seco del tallo, encontramos que los menores valores fueron para Icatú Vermelho/Robusta (sin inoculo), Ibairi/Robusta (sin inoculo) y Mundo Novo/Robusta (inoculado) ( $p \leq 0.05$ ). En cuanto al peso seco de la hoja y de la parte aérea, en la Tabla 8 se observó que los mayores valores fueron para Caturra Vermelha/Robusta (inoculado y no inoculado).

**Tabla 8.** Peso seco de los diferentes órganos de las planta de café e índices estudiados durante el experimento con nematodos.

| Tratamientos                          | Peso seco |        |        |        | Índices |        |        |
|---------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
|                                       | PS-R      | PS-T   | PS-H   | PS-A   | A/R     | IE     | ICD    |
| Acaia/Robusta <sup>1</sup>            | 0.64 d    | 0.70 a | 0.76 c | 1.46 c | 2.32 b  | 0.44 a | 0.77 b |
| Acaia/Robusta <sup>2</sup>            | 0.69 c    | 0.66 a | 1.10 b | 1.76 b | 2.60 b  | 0.39 a | 0.85 b |
| Catuai/Robusta <sup>1</sup>           | 0.73 c    | 0.55 b | 0.94 c | 1.49 c | 2.13 b  | 0.33 a | 0.85 b |
| Catuai/Robusta <sup>2</sup>           | 0.79 c    | 0.75 a | 0.94 c | 1.69 b | 2.22 b  | 0.41 a | 0.97 b |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>1</sup>   | 1.34 a    | 0.69 a | 1.07 b | 1.76 b | 1.34 c  | 0.45 a | 1.79 a |
| Icatú Vermelho/Robusta <sup>2</sup>   | 1.00 b    | 0.45 c | 0.84 c | 1.26 c | 1.32 c  | 0.53 a | 1.28 b |
| Ibairi/Robusta <sup>1</sup>           | 0.80 c    | 0.70 a | 1.19 b | 1.89 b | 2.48 b  | 0.33 a | 1.00 b |
| Ibairi/Robusta <sup>2</sup>           | 1.07 b    | 0.37 c | 0.54 c | 0.91 d | 0.89 c  | 0.39 a | 1.80 a |
| Mundo Novo/Robusta <sup>1</sup>       | 0.51 d    | 0.44 c | 1.24 b | 1.68 b | 3.55 a  | 0.36 a | 0.60 b |
| Mundo Novo/Robusta <sup>2</sup>       | 0.57 d    | 0.75 a | 1.03 b | 1.78 b | 3.24 a  | 0.43 a | 0.68 b |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>1</sup> | 1.41 a    | 0.74 a | 1.33 a | 2.07 a | 1.62 c  | 0.48 a | 1.79 a |
| Caturra Vermelho/Robusta <sup>2</sup> | 0.72 c    | 0.58 b | 1.50 a | 2.08 a | 3.20 a  | 0.42 a | 0.86 b |
| EE                                    | 0.06      | 0.04   | 0.07   | 0.09   | 0.23    | 0.08   | 0.13   |

PS-R: Peso seco de la raíz, PS-T: Peso seco del tallo, PS-H: Peso seco de las hojas, PS-A: Peso seco de la parte aérea, A/R: Relación parte peso seco de la parte aérea y la raíz, IE: Índice de esbeltez, ICD: Índice de Calidad de Dickson, <sup>1</sup>Inoculado, <sup>2</sup>No inoculado, EE: Error Estandar. En la misma columna, letras diferentes indican diferencia estadística (Scott-Knott, 95%).

Otra variable evaluada fue la relación entre el peso seco de la parte aérea y de la raíz (Tabla 8). De acuerdo con los resultados, los injertos más destacados fueron Mundo Novo/Robusta (inoculado), Mundo Novo/Robusta (no inoculado) y Caturra Vermelho/Robusta (no inoculado), siendo este último superior a Caturra Vermelho/Robusta (inoculado) en 98% ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto al Índice de Calidad de Dickson (Tabla 8), se notó que Icatú Vermelha/Robusta (inoculado), Ibairi/Robusta (no inoculado) y Caturra Vermelha/Robusta (inoculado) mostraron los valores más altos ( $p \leq 0.05$ ), siendo estos injertos superiores a Icatú Vermelha/Robusta (no inoculado), Ibairi/Robusta (inoculado) y Caturra Vermelha/Robusta (no inoculado) en 40%, 80% y 108% respectivamente ( $p \leq 0.05$ ).

Se observó también la correlación de diferentes variables (Tabla 9), así, tenemos que la altura de planta se correlacionó negativamente con el número de hojas y con el peso fresco de la raíz, pero positivamente con el peso fresco y seco del tallo. Asimismo, el diámetro del tallo, tuvo una correlación positiva con el peso fresco del tallo y con el peso seco de la hoja.

En relación al número de hojas, encontramos que éste se relacionó negativamente con peso fresco y seco del tallo, y con el peso seco de la hoja, además, el peso fresco de la raíz, se correlacionó de forma negativa con el peso fresco y seco del tallo, y el peso seco de la hoja. Mientras que el peso fresco del tallo se correlacionó positivamente con su peso seco (Tabla 9).

**Tabla 9.** Correlación de las variables evaluadas durante el experimento con plantas de *Coffea arabica* y nematodos.

|      | AP | D    | NH    | PF-R  | PF-T  | PF-H  | PS-R  | PS-T  | PS-H  |
|------|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| AP   | 1  | 0.22 | -0.99 | -0.63 | 0.81  | -0.19 | -0.18 | 0.77  | 0.56  |
| D    |    | 1    | -0.18 | -0.56 | 0.52  | -0.42 | -0.18 | 0.34  | 0.62  |
| NH   |    |      | 1     | 0.61  | -0.77 | 0.10  | 0.23  | -0.73 | -0.55 |
| PF-R |    |      |       | 1     | -0.83 | -0.03 | 0.16  | -0.74 | -0.55 |
| PF-T |    |      |       |       | 1     | -0.27 | -0.23 | 0.92  | 0.54  |
| PF-H |    |      |       |       |       | 1     | -0.49 | -0.32 | -0.21 |
| PS-R |    |      |       |       |       |       | 1     | -0.04 | -0.41 |
| PS-T |    |      |       |       |       |       |       | 1     | 0.30  |
| PS-H |    |      |       |       |       |       |       |       | 1     |

AP: Altura de planta, D: Diámetro de tallo, NH: Número de hojas, PF-R: Peso fresco de la raíz, PF-T: Peso fresco del tallo, PF-H: Peso fresco de la hoja, PS-R: Peso seco de la raíz, PS-T: Peso seco del tallo, PS-H: Peso seco de las hojas.

Una vez determinada la correlación de las variables, se usó la estadística multivariada para poder analizar el conjunto de datos obtenido en este experimento. Como primer paso se realizó un agrupamiento jerárquico (Método Ward), luego del cual se determinó la existencia de tres grupos: Grupo 1, formado por Icatú Vermelho/Robusta (inoculado y no

inoculado); Grupo 2, formado por Mundo Novo/Robusta (inoculado y no inoculado), Catuaí/Robusta (inoculado y no inoculado) y Acaia/Robusta (no inoculado); y finalmente el Grupo 3, formado por Ibairi/Robusta (inoculado y no inoculado), Caturra/Robusta (inoculado y no inoculado) y Acaia/Robusta (inoculado) (Figura 1).

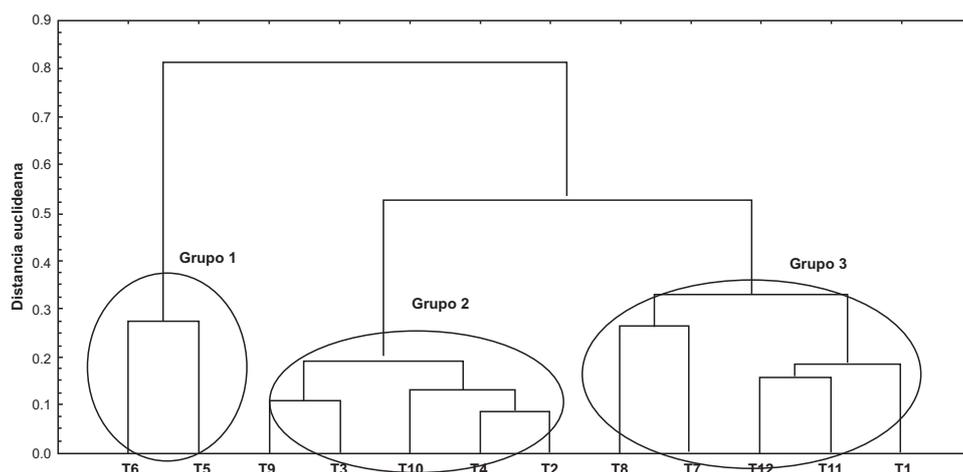


Figura 1. Clasificación jerárquica de los diferentes tratamientos estudiados mediante el método de Ward  
 T1: Acaia/Robusta (inoculado), T2: Acaia/Robusta (no inoculado), T3: Catuaí/Robusta (inoculado), T4: Catuaí/Robusta (no inoculado), T5: Icatú Vermelho/Robusta (inoculado), T6: Icatú Vermelho/Robusta (no inoculado), T7: Ibairi/Robusta (inoculado), T8: Ibairi/Robusta (no inoculado), T9: Mundo Novo/Robusta (inoculado), T10: Mundo Novo/Robusta (no inoculado), T11: Caturra Varmelho/Robusta (inoculado), T12: Caturra Varmelho/Robusta (no inoculado).

Con la finalidad de redimensionar las variables, para poder entender cómo actúan ellas y a su vez determinar qué variable o conjunto de variables explica mejor nuestros resultados, se realizó el análisis de componentes principales. De acuerdo con la Tabla 10, se encontró 3 componentes principales que explican el 86% de la variabilidad encontrada. En relación al Componente Principal 1 (CP1), se notó

que las variables más importantes fueron: altura de planta, número de hojas, peso fresco de la raíz, peso fresco del tallo, peso seco del tallo y peso seco de la hoja. El Componente Principal 2 (CP2) tuvo como variables más importantes al peso fresco de la hoja y a peso seco de la raíz. El Componente Principal 3 (CP3), mostró como variable más importante al diámetro de tallo.

**Tabla 10.** Componentes principales determinados durante el experimento con *Coffea arabica* y nematodos

| Variable          | CP1     | CP2     | CP3     |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Altura de planta  | -0.8897 | 0.0475  | -0.3398 |
| Diámetro de tallo | -0.5682 | -0.2118 | 0.7398  |
| Número de hojas   | 0.8666  | -0.1290 | 0.3528  |
| Peso fresco raíz  | 0.8423  | -0.0932 | -0.0444 |
| Peso fresco tallo | -0.9548 | -0.0496 | -0.0714 |
| Peso fresco hoja  | 0.2628  | 0.8740  | -0.1973 |
| Peso seco raíz    | 0.2647  | -0.8280 | -0.2975 |
| Peso seco tallo   | -0.8595 | -0.1932 | -0.3049 |
| Peso seco hoja    | -0.7089 | 0.1576  | 0.4935  |

Asimismo, se determinó el comportamiento de las variables y la asociación de éstas con los tratamientos estudiados, para tal efecto se usó un gráfico biplot (Figura 2). Se observó que el Grupo 1, fue

influenciado fuertemente por las variables número de hojas y peso fresco de la raíz. Asimismo, el Grupo 2, fue influenciado de forma importante por las variables altura de planta y peso seco de la hoja.

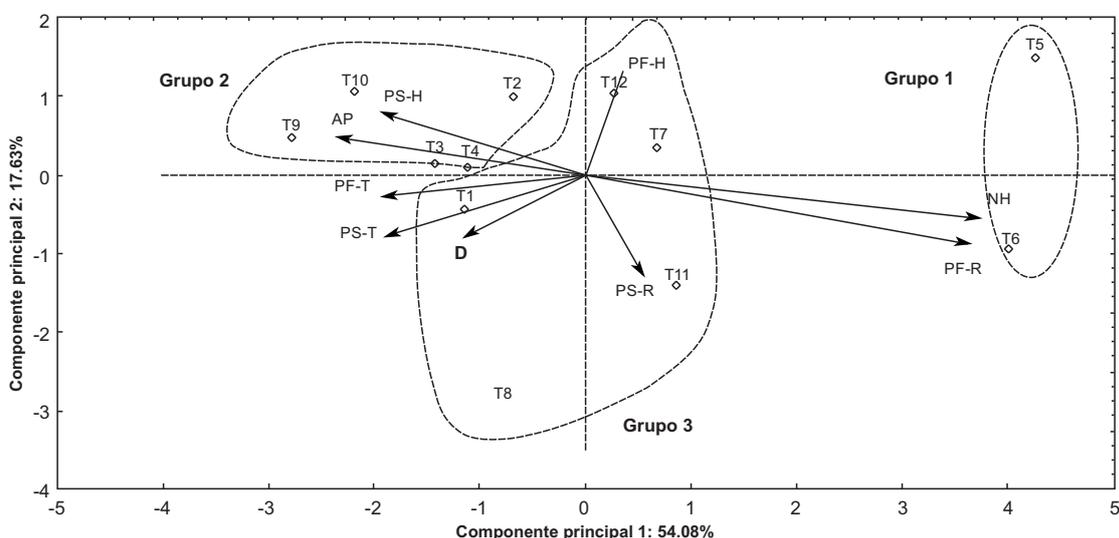


Figura 2. Componentes principales y la relación entre los tratamientos y las variables

T1: Acaia/Robusta (inoculado), T2: Acaia/Robusta (no inoculado), T3: Catuai/Robusta (inoculado), T4: Catuai/Robusta (no inoculado), T5: Icatú Vermelho/Robusta (inoculado), T6: Icatú Vermelho/Robusta (no inoculado), T7: Ibairi/Robusta (inoculado), T8: Ibairi/Robusta (no inoculado), T9: Mundo Novo/Robusta (inoculado), T10: Mundo Novo/Robusta (no inoculado), T11: Caturra Vermelho/Robusta (inoculado), T12: Caturra Vermelho/Robusta (no inoculado). AP: Altura de planta, D: Diámetro de tallo, NH: Número de hojas, PF-R: Peso fresco de la raíz, PF-T: Peso fresco del tallo, PS-H: Peso seco de las hojas, PS-R: Peso seco de la raíz, PS-T: Peso seco del tallo, PS-H: Peso seco de las hojas.

## DISCUSIÓN

La altura de planta, es una variable importante que refleja el efecto de los nematodos sobre la planta de café (Carvalho et al., 2017), aunque este efecto varía según el cultivar estudiado (Arieira et al., 2012; Carvalho et al., 2017). De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 4), los injertos Catuai/Robusta (inoculados), Ibairi/Robusta (inoculados) y Mundo Novo/Robusta (inoculados) fueron los más destacados y estadísticamente superiores a sus pares no inoculados.

Las diferencias encontradas entre los injertos Catuai/Robusta y Mundo Novo/Robusta inoculados y no inoculados probablemente se encuentren asociados a cierta comunicación hormonal que es activada en presencia de nematodos y que favoreció el

crecimiento longitudinal, de hecho, Curtis (2007) y Kyndt et al. (2016) señalan que existe un aumento de auxinas en la raíz (causado en presencia de nematodos), promoviendo el crecimiento radicular (como observado en este ensayo), y consecuentemente un mayor crecimiento longitudinal. Ligeros incremento en altura de planta fueron, en presencia de nematodos fueron observados por Rojas y Salazar (2013).

Asimismo, a pesar que los cultivares Catuai e Ibairi son de porte bajo y medio respectivamente según lo informado por el Instituto Agronómico de Campinas (IAC, 2017), en presencia de nematodos, ambos alcanzaron la misma altura final que el cultivar Mundo Novo, el cual tiene entre sus características principales ser de porte alto (IAC, 2017). Estos resultados demuestran que Catuai e Ibairi, injertados

sobre robusta en bajas densidades de nematodos podrían llegar a tener el mismo desenvolvimiento que un cultivar más robusto.

En cuanto al *Diámetro de tallo* (DT) (Tabla 5), este puede ser usado como un indicador del potencial productivo en la planta de café (Silva et al., 2015). Luego del análisis Scott-Knot (95%), se observó que no hubo un patrón definido en relación a las características genéticas, y cómo éstas responden a la presencia de nematodos. Observaciones similares fueron publicadas por Rojas y Salazar (2013) con la aplicación de densidades medias de nematodos en almácigos de café.

Unos de los tejidos más importantes de las plantas son las hojas, en donde se realiza la fotosíntesis. En este ensayo, el tratamiento Ibairi/Robusta (inoculado) fue uno de los que presentó mayor *número de hojas* cuando fue comparado con el resto de tratamientos ( $p \leq 0.05$ ) (Tabla 6). Este resultado, se debe a que el injerto Ibairi/Robusta en presencia de nematodos alcanzó mayor altura de planta, lo que le permitió desarrollar mayor cantidad de hoja con la finalidad de captar más luz y así poder aumentar su área fotosintética con el objetivo de sustentar una planta con mayor tamaño. Estos resultados concuerdan con otros ensayos, en los cuales reportan que a mayor altura de planta, mayor cantidad de tejido foliar (Berilli et al., 2014).

La variable *peso fresco de raíz* (PF-R) se vio estadísticamente influenciada tanto por los factores principales (Cultivar y Nematodos) como por la interacción de ambos, con una clara influencia del primer factor (Tabla 3). Particularmente, fue el tratamiento Ibairi/Robusta (inoculado) el que alcanzó un mayor valor comparado con su par no inoculado ( $p \leq 0.05$ ) (Tabla 7), lo cual puede deberse al aumento de auxinas en la raíz, por causa de la presencia de *Meloidogyne* (Kyndt et al., 2016). Esta hormona ha sido relacionada con el aumento de peso fresco de la raíz (Reetha, Bhuvaneswari, Thamizhiniyam y Ravi Mycin, 2014).

En el *peso fresco del tallo* (PF-T) (Tabla 7), todos los factores y la interacción de cada uno de ellos tuvo un impacto significativo en los resultados (Tabla 3), además, los menores valores ( $p \leq 0.05$ ) fueron mostrados por los tratamientos Icatú Vermelho/Robusta (no inoculado) e Ibairi/Robusta (no inoculado).

Para el *peso fresco de hojas* (PF-H) y para el *peso fresco de la parte aérea* (PF-A), ambos significativamente influenciados por cada uno de los factores y la interacción de ellos, fue el tratamiento Icatú Vermelho/Robusta (inoculado) el de mayor valor ( $p \leq 0.05$ ). Rojas y Salazar (2013), encontraron una sensibilidad mayor del PF-A en el cultivar Caturra, que se vio reflejada en una disminución de dicho valor en presencia de bajas cantidades de nematodos (Tabla 7).

Otra variable evaluada en este ensayo fue la biomasa seca de cada órgano de la planta, es decir, de la raíz, tallo y hoja (Tabla 8). La cuantificación de estas variables son relevantes ya que las mismas, están asociadas no solo a la capacidad fotosintética de la planta, sino también a la presencia de agentes bióticos externos (França et al., 2014).

Luego del análisis estadístico en la variable *peso seco de raíz* (PS-R), los tratamientos más destacados fueron Icatú Vermelho/Robusta (inoculado) y Caturra Vermelho/Robusta (inoculado) ( $p \leq 0.05$ ), aunque no todos los tratamientos inoculados tuvieron la misma respuesta, lo que indica la participación del tipo de cultivar usado como injerto (componente genético) en las respuestas obtenidas (Tabla 3). Estos resultados podrían indicar que existe una translocación de hormonas desde la parte aérea hacia la raíz (en presencia de nematodos), como fue descrito en *Arabidopsis thaliana*, donde se demostró la participación de un conjunto de proteínas relacionadas con el movimiento basipétalo de la auxina, lo que podría explicar nuestros resultados (Strader, Chen y Bartel, 2010).

Por otra parte, el *peso seco tallo* (PS-T), es una variable usada en la determinación de la calidad de planta en vivero (Rueda et al., 2014) y que en este ensayo fue significativamente influenciado el factor Cultivar y por la interacción Cultivar x Nematodo. Luego de realizado el análisis Scott-Knott (95%), notamos que los menores valores de PS-T fueron en los tratamientos Icatú Vermelho/Robusta (sin inoculo), Ibairi/Robusta (sin inoculo) y Mundo Novo/Robusta (inoculado) ( $p \leq 0.05$ ).

En el *peso seco de hojas* (PS-H) y *peso seco de la parte aérea* (PS-A), ambas variables fueron influenciadas por los factores en estudio y por la interacción de ambos (Tabla 3). Asimismo, luego de la prueba de contraste, se encontró que en PS-H y PS-A mayores valores fueron obtenidos por los tratamientos Caturra Vermelho/Robusta (inoculado) y Caturra Vermelho/Robusta (no inoculado) ( $p \leq 0.05$ ). Una mayor cantidad de materia seca, se encuentra relacionada a una mayor actividad fotosintética.

La relación peso seco aéreo/peso seco de raíz (A/R) fue significativamente influenciada por el factor Cultivar y por la interacción Cultivar x Nematodo (Tabla 3). Una vez realizada la prueba de contrastes (Scott-Knott, 95%), se observó que Mundo Novo/Robusta, con y sin inoculo, mostraron el mayor valor junto con Caturra Vermelho/Robusta (no inoculado), lo que indica un desequilibrio entre el crecimiento aérea y radicular de estos injertos (Tabla 8).

Por otra parte, Índice de Calidad de Dickson, es usado como indicador del manejo agronómico de la plántula de café en vivero (Julca, Echevarria, Cruz y Bello, 2015), además de relacionar diversas variables de crecimiento relatadas en este ensayo. En este experimento, los valores obtenidos para ICD, fueron afectados por el factor Cultivar y por la interacción Cultivar x Nematodo (Tabla 3). Además, se notó que los mayores valores fueron para Icatú Vermelho/Robusta (inoculado), Ibairi/Robusta (no

inoculado) y para Caturra Vermelho/Robusta (inoculado) (Tabla 8).

En relación al análisis de componentes principales, al observar los resultados podemos inferir que los grupos 2 y 3 fueron influenciados de forma diferente por las variables evaluadas. De forma específica, podemos destacar que los injertos Caturra Vermelho/Robusta (inoculado), Ibairi/Robusta (no inoculado) y Icatú Vermelho/Robusta (inoculado) fueron, los que a pesar de no tener comportamiento morfológicos resaltables al final tuvieron un crecimiento más equilibrado dentro de los grupos 2 y 3 (Figura 2).

Asimismo, aquellos tratamientos que fueron fuertemente influenciados por una variable, modificaron otras, de forma que el comportamiento de ellos no fue el más deseado.

## CONCLUSIONES

Se determinó una interacción entre los injertos y la presencia de nematodos en la mayoría de variables evaluadas. La respuesta de las plantas injertadas frente a los nematodos fue diversa, en función de la variable observada y del material genético usado. Se observó que en bajas densidades de nematodos, usando *C. canephora*, como patrón, solo Caturra Vermelho e Ibairi/Robusta podrían responder de forma positiva. Además, sería interesante seguir investigando el comportamiento de estos cultivares en campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Nacional de Café-ANACAFE. (2017). Evaluación de tres nematocidas y la práctica de injerto hipocotiledonar en el control de *Pratylenchus* sp. Recuperado de [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Injerto\\_Reyna\\_Pratylenchus\\_SP](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Injerto_Reyna_Pratylenchus_SP)

- Arieira, C., Santana, S., Chiamolera, F., Biela, F., Cunha, T., Puerari, H. y Fontana, L. (2012). Behavior of coffee plants IPR100 and IPR106 in soil infested with *Meloidogyne incognita*. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(1), 251-255. [https://www.researchgate.net/publication/281455682\\_Behavior\\_of\\_coffee\\_plants\\_IPR\\_100\\_and\\_IPR\\_106\\_in\\_soil\\_infested\\_with\\_Meloidogyne\\_incognita](https://www.researchgate.net/publication/281455682_Behavior_of_coffee_plants_IPR_100_and_IPR_106_in_soil_infested_with_Meloidogyne_incognita)
- Barbosa, D., Souza, R. y Vieira, H. (2010). Field assessment of coffee (*Coffea arabica* L.) cultivars in *Meloidogyne exigua*-infested or free fields in Rio de Janeiro State, Brazil. *Crop Protection*, 29(2), 175-177. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.10.011>
- Barbosa, D., Vieira, H., Rodrigues, W., Rodrigues Filho, J., Barroso, D. y Silva, T. (2014). Efeito da enxertia e do nematoide *Meloidogyne exigua* sobre o crescimento radicular e a produtividade de cafeeiros. *Coffee Science*, 9(4), 427-434. <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/694>
- Barros, A., Oliveira, R., Zambolim, L., Ferreira, A. y Coutinho, R. (2011). *Meloidogyne paranaensis* attacking coffee trees in Espírito Santo, Brazil. *Australasian Plant Disease Notes*, 6(1), 43-45. <https://doi.org/10.1007/s13314-011-0015-9>
- Berilli, S., Quiuqui, J., Rembinski, J., Salla, P., Berilli, A. y Louzada, J. (2014). Utilização de lodo de curtume como substrato alternativo para produção de mudas de café conilon. *Coffee Science*, 9(4), 472-479. <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/728>
- Carvalho, A., Salgado, S., Mendes, A., Pereira, A., Botelho, C., Tassone, G. y Lima, E. (2017). Caracterização de genótipos de *Coffea arabica* L. em áreas infestadas pelo nematoide *Meloidogyne paranaensis*. *Coffee Science*, 12(1), 1-8. <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1152>
- Curtis, R. Do phytohormones influence nematode invasion and feeding site establishment?. (2007). *Nematology*, 9(2), 155-160. DOI: 10.1163/156854107780739072.
- Dickson, A. y Hosner, F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nursery. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10-13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- França, A., Carvalho, F., Franco, M., Avelar, M., Souza, B. y Sturmer, S. (2014). Crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(4), 506-511. <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i4a3938>
- Guevara, E., Mestanza, C., Oliva, M. y Vera, N. (2015). Población de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en relación a la textura del suelo, Cuipes, Bongará, Amazonas. *Revista Indes*, 1(2), 9-18. <https://doi.org/10.25127/indes.201302.001>
- Instituto Agronómico de Campinas-IAC. (2017). Cultivares de café desenvolvidas pelo Instituto Agronómico (IAC) e registrada no ministerio da agricultura pecuaria e abastecimento. Recuperado de [http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/cafe/tabela\\_mnc\\_cultivares\\_cafe\\_iac.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/cafe/tabela_mnc_cultivares_cafe_iac.pdf)
- Instituto Agronómico de Campinas-IAC. (2018). Cultivares IAC de café. Recuperado de <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/cafe.php>
- Julca, A., Blas, R., Cruz, R., Bello, S., Borjas, R., Talaverano, D., Anahui, J., Fazuoli, L., Thomaziello, R. y Guerreiro, O. (2011). Introducción de variedades de café desde Brasil. Lima. Perú. Editorial Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Julca, A., Echevarria, C., Cruz, R. y Bello, S. (2015). Respuesta en vivero de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.) al estrés hídrico en San Ramón, Chanchamayo. *Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 79-81.

- Kyndt, T., Haegeman, A., Warmerdam, S., Wanjau, C., Jahani, M., Engler, G., Engler, J. y Gheysen, G. (2016). Redirection of auxin flow in *Arabidopsis thaliana* roots after infection by root-knot nematodes. *Journal of Experimental Botany*, 67(15), 4559-4570. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw230>
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2018). Situación actual del café en el país. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/485-feriasca/10775-el-cafe-peruano>
- Reetha, S., Bhuvaneshwari, G., Thamizhiniyam, P. y Ravi Mycin, T. (2014). Isolation of indole acetic acid (IAA) producing rhizobacteria of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* and enhance growth of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 3(2), 568-574. <https://www.ijcmas.com/vol-3-2/S.Reetha,%20et%20al.pdf>
- Rojas, M. y Salazar, L. (2013). Densidad crítica de *Meloidogyne exigua* en plantas de almácigos de café variedad Caturra. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 115-123. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/12769/12022>
- Rueda, A., Benavides, J., Saenz, T., Muñoz, H., Prieto, A. y Orozco, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(22), 58-73. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n22/v5n22a5.pdf>
- Santos, A., Rocha, R., Fernandes, C., Silveira, S., Ramalho, A. y Vieira, J. (2017). Reaction of *Coffea canephora* clones to the root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *African Journal of Agricultural Research*, 12(11), 916-922. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11999>
- Silva, F., Rezende, J., Rodrigues, F., Soles, L., Pereira, V. y Malta, M. (2015). Seleção de clones de café robusta com potencial produtivo para a zona de mata mineira. *Coffee Science*, 10(4), 464-474. [http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/938/pdf\\_7](http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/938/pdf_7)
- Page, A (Ed). (1982). *Methods of Soil Analysis-Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. Second Edition. USA. American Society of Agronomy.
- Strader, L., Chen, G. y Bartel, B. (2010). Ethylene directs auxin to control root cell expansion. *The Plant Journal* 64(5), 874-884. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04373.x>
- Villar, P. (2003). Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. En: *Restauración de Ecosistemas Mediterráneos*. Universidad de Alcalá/ Asociación Española de Ecología Terrestre.

