



Efectos del daño mecánico inducido por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas

Effects of nematode-induced mechanical damage to the plantain root system under controlled conditions

Autores

✉ ^{1*}Alex Delgado Párraga

✉ ²Daniel Navia

✉ ²Carmen Triviño

✉ ²Luís Peñaherrera

✉ ³Jessica Zambrano Mero

¹Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos, Ecuador.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador.

³Agrointegral Vegzam, Sucre, Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Delgado Párraga, A., Navia, D., Triviño, C., Peñaherrera, L. y Zambrano Mero, J. (2021). Efectos del daño mecánico inducido por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas. *La Técnica*, 11(1) 15-20. DOI: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i25.1715

Recibido: Julio 07, 2020

Aceptado: Diciembre 10, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Resumen

El desarrollo vegetativo del plátano se expone a factores bióticos, entre ellos los fitonemátodos responsables de causar daños al sistema radical, restringiendo la absorción de agua, nutrientes y afectando el crecimiento. El objetivo de la investigación fue simular el daño mecánico que ocasionan los nemátodos al sistema radical en plátano bajo condiciones controladas. Para el efecto, se utilizaron plantas meristemáticas de plátano Barraganete de 45 cm de altura, sembradas en fundas plásticas con 40 L de suelo pasteurizado. Los tratamientos consistieron en el lavado más eliminación del 0, 25 y 50% de la masa radical más un testigo absoluto. Dos meses después se evaluó el peso de raíces y crecimiento, observándose diferencias significativas, donde el tratamiento con 0% de corte de raíces presentó menor peso (73,44 g) y altura (53 cm), en relación con los demás tratamientos con 155 g (en media) y 75 cm (en media). Posiblemente la manipulación de raíces en el 0% de corte no fueron suficientes para estimular los mecanismos de defensa y crecimiento de la planta.

Palabras clave: crecimiento; plátano meristemático; musa; raíces; simulación.

Abstract

The vegetative development of the banana is exposed to biotic factors, including phytonematodes responsible for causing damage to the radical system, restricting water absorption, nutrients and affecting growth. The objective of this research work was to simulate the mechanical damage caused by the nematodes to the radical plantain system under controlled conditions. For the purpose, Barraganete meristematic plantain plants were used 45 cm high, sown in plastic sleeves with 40 L of pasteurized soil. The treatments consisted of washing plus elimination of 0, 25 and 50% of the radical mass plus an absolute control. Two months later, the weight of roots and growth were evaluated, observing significant differences, where the treatment with 0% root cut showed a lower weight (73.44 g) and height (53 cm), in relation to the other treatments with 155 g (on average) and 75 cm (on average). Possibly the handling of roots in 0% cutting were not sufficient to stimulate the mechanisms of defenses and growth of the plant.

Keywords: growth; meristematic plantain; muse; roots; simulation.



Introducción

El plátano se cultiva en zonas tropicales y subtropicales del mundo, tiene amplia utilidad en la gastronomía e importancia en la dieta alimentaria. En Ecuador se cultivan aproximadamente 127.236 ha con rendimientos en promedio de 7,68 t·ha⁻¹ proveniente de pequeños productores en la que se destaca la variedad dominico y barraganete, sus cosechas están destinadas para satisfacer el mercado local e internacional respectivamente (SINAGAP, 2017).

El desarrollo vegetativo de esta musácea se ha visto afectado en los últimos años debido a las lesiones foliares ocasionadas por la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M.) y, el volcamiento de plantas causado por los fitonemátodos los cuales deterioran el sistema radical, afectando el crecimiento e incrementan el periodo de floración entre la madre y el hijo, y como resultado existen pérdidas de unidades de producción por año (Gowen y Queneherve, 1990; Chávez y Araya, 2001; Castro et al., 2003; Gowen et al., 2005; Jaramillo et al., 2019).

El deterioro de la raíz de plátano y su efecto adverso en el desarrollo y por ende en la producción se debe a factores ambientales (físicos, químicos y climáticos) y biológicos. Entre los biológicos se destacan la podredumbre de los rizomas y raíces provocada por nematodos, y la degradación de la actividad biológica del suelo (Castro et al., 2003; Draye, 2003a; Gauggel, 2003; Gauggel et al., 2003). El sistema radical de esta musácea tiene respuestas positivas para recuperarse de ciertos grados de anomalías ocasionado por entes externos o internas como, por ejemplo: cuando el ápice de una raíz adventicia primaria de *Musa* está dañado, debido a los factores bióticos o abióticos, en las raíces laterales de primer orden pueden desarrollarse en las raíces adventicias secundarias largas (Gauggel, 2003; Draye, 2003b; Blomme et al., 2003).

La infección con los nematodos puede interferir con la absorción y trasportación de nutrientes y agua, resultando en un crecimiento lento y sensibilidad al volcamiento de las plantas. El daño mecánico causado por los nematodos mientras se alimenta depende del grado de infección en el sistema radical, este puede ser de leve (raíces necrosadas) a severo (raíces podridas) (Aguirre et al., 2016); sin embargo, la mayoría de los daños parece ser causados por la secreción de saliva introducida en los tejidos de las plantas durante el proceso de alimentación (Blomme et al., 2003; Guzmán et al., 2012).

Las investigaciones que se han realizado en condiciones de invernadero utilizando plantas meristemáticas en esta temática, se han centrado en la relación población de nematodos vs. sanidad radical (Barekye et al., 1999; Araya, 2004; Delgado y Triviño, 2013), sin embargo, se debería realizar un mayor análisis, y con la finalidad de determinar la influencia del daño mecánico al sistema radical en el crecimiento de las plantas de plátano en condiciones controladas.

Metodología

La investigación efectos de la simulación del daño ocasionado por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas, se realizó en el invernadero de la Sección Nematología de la Estación Experimental Litoral Sur, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en el km 26 de la vía Durán, Tambo, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, provincia del Guayas, entre las coordenadas geográficas 2°15'27" S y 79°38'40" O a 10 msnm.

La pluviosidad media anual fue de 1.154 mm, la temperatura media anual de 26,5 °C y 83% de humedad relativa. En este ensayo se estudió el siguiente factor: podas a tres niveles, baja, leve y fuerte.

Tratamientos estudiados

En esta prueba se utilizó plantas meristemáticas de plátano (*Musa* AAB) con 4 tratamientos, como se detalla a continuación:

Tabla 1. Característica de los tratamientos.

No. Tratamientos	Corte de raíz/planta
1	Testigo
2	0%
3	25%
4	50%

Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar (DCA) con cinco repeticiones cada una conformada por una planta, como se detalla a continuación:

T1= testigo absoluto, este tratamiento permaneció intacto sin manipulación durante el lapso de tiempo de la investigación.

T2= plantas con raíces lavadas (sin cortes, en este tratamiento las plantas fueron extraídas del contenedor inicial sin causar daños en raíces, para cual se cortó la bolsa y se retiró todo el suelo y se procedió a lavar cada planta con su sistema radical, en un balde de 18 L de capacidad con agua potable, se dejó a temperatura ambiente (30 °C) por el lapso de 45 minutos y posteriormente se trasplantaron en un nuevo contenedor con idénticas características y con el mismo tipo de suelo.

Los tratamientos T3 (plantas con el 25% de raíces eliminadas) y T4 (plantas con el 50% de raíces eliminadas) después del lavado, se calcularon los porcentajes a eliminar mediante el uso de un vaso de precipitado graduado, en cual se colocó agua en agua en porcentajes (75 y 50% según los tratamientos) y para completar el 100% se añadió raíces según los tratamientos.

Análisis estadístico

Las medias de los resultados se compararon con la prueba del Rango Múltiple de Duncan al 5% de significancia, utilizando el paquete estadístico SAS 9.0.

Manejo del experimento

Para esta investigación, se utilizaron plantas meristemáticas de plátano barraganete (*Musa AAB*) de aproximadamente 45 cm de altura, fueron sembradas en fundas de 40 litros de capacidad llenadas con suelo franco arcilloso con pH 7,4 y pasteurizado. La pasteurización consistió en colocar el suelo en un horno de construcción artesanal (80 x 100 cm) a temperatura constante de 60 °C por el lapso de dos horas. Al mes del trasplante a cada planta se procedió a eliminar partes del sistema radical según los tratamientos, previo a los cortes se retiró cada planta del suelo, se lavaron las raíces y luego con un cuchillo se cortaron los volúmenes de raíces de 25 y 50% de las plantas para lo cual se usó un vaso de precipitación marca Pyrex de 3 L de capacidad, en este recipiente se colocó agua hasta el 75 y 50% para los tratamientos tres y cuatro respectivamente (tabla 1), y el faltante del recipiente se lo completó con raíces (25 y 50%), para el tratamiento dos se aisló de la funda de trasplante y se lavaron sus raíces e inmediatamente se volvieron a sembrar en el mismo suelo. El riego se efectuó de acuerdo con el requerimiento de las plantas.

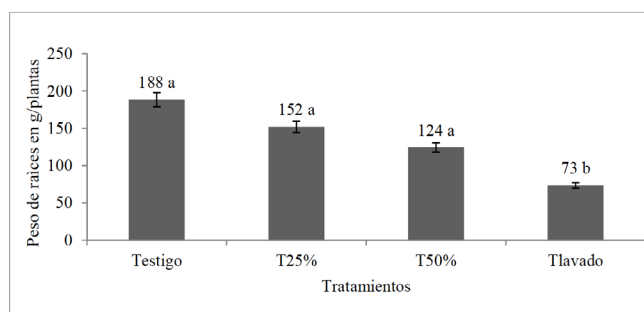
A los 60 días después de haberse aplicado los tratamientos (eliminadas las raíces de las plantas) se evaluaron las siguientes variables:

Altura de la planta. Con la ayuda de una cinta métrica se tomó la altura de la planta desde el cuello hasta la inserción de la hoja.

Peso de las raíces. Las muestras de las raíces de cada planta fueron recolectadas en fundas plásticas, debidamente identificadas; luego, en el laboratorio, se lavaron las raíces de cada muestra, se dejaron al ambiente para la eliminar el exceso de agua y se registró el peso en gramos (marca Boeco Germany modelo BPS 51 plus).

Resultados

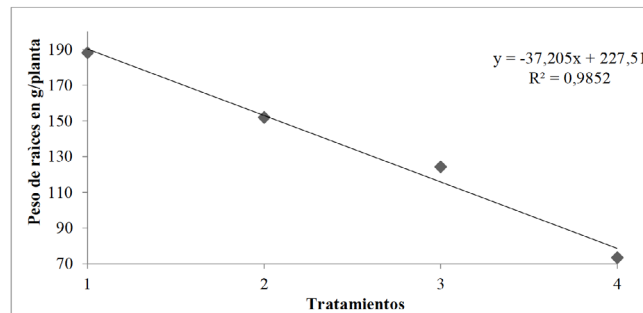
A los 60 días después de realizar los respectivos cortes de raíces, se evaluó el desarrollo radical, y se determinó que hubo diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, observándose que el lavado de raíces presentó el menor peso con 73,44 g en relación con los 155 g (en media) que se obtuvieron en los demás tratamientos (figura 1).



Testigo= plantas sin tratamiento; T25%= plantas con el 25% de raíces eliminadas; T50%= plantas con el 50% de raíces eliminadas; Tlavado= plantas con raíces lavadas.

Figura 1. Peso promedio de raíces totales por tratamiento.

Mediante análisis de regresión con un $r^2 = 0,98$ y correlación con $r = 0,75$ y un $P < 0,0001$, se obtuvo que el peso de raíces se reduce a medida que se elimina su masa radical. Sin embargo, el tratamiento en cual se lavaron las raíces y sin causar daños fue la que presentó el menor peso (figura 2).

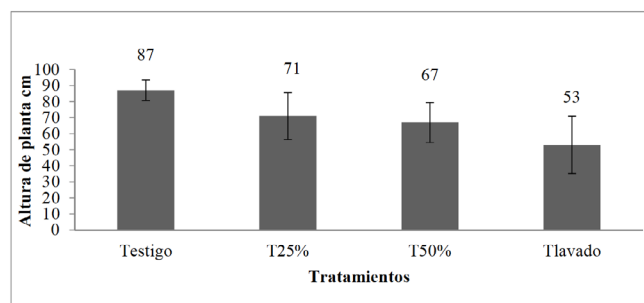


Tratamientos 1= testigo; Tratamientos 2= plantas con el 25% de raíces eliminadas; Tratamientos 3= plantas con el 50% de raíces eliminadas; Tratamientos 4= plantas con raíces lavadas.

Figura 2. Regresión lineal del peso de raíces vs. tratamientos.

El testigo registró la mayor altura de 86,86 cm (figura 3), seguido por los tratamientos con el 25% y 50% de raíces eliminadas (70,56 y 67,24 cm, respectivamente), fueron iguales entre sí y estos a su vez se diferenciaron de las plantas en las cuales solo se lavaron sus raíces, el cual mostró el menor promedio 52,56 cm.

Al realizar los cortes del 25% de raíces, se observó un estímulo reflejándose en el aumento del crecimiento de las plantas, mostrando un mayor incremento en la altura en cm en comparación con las plantas sanas (tratamiento Tlavado).

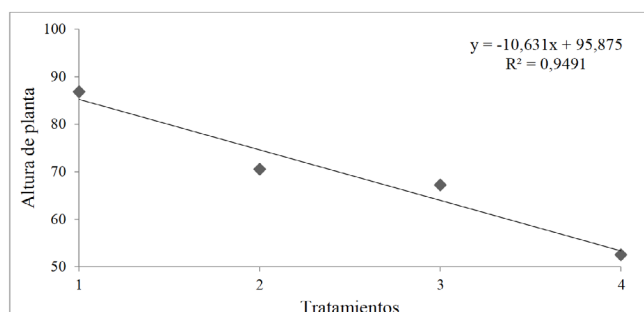


Testigo= control; T25%= plantas con el 25% de raíces eliminadas; T50%= plantas con el 50% de raíces eliminadas; Tlavado= plantas con raíces lavadas.

Figura 3. Altura de las plantas según lo tratamientos.

El testigo absoluto presentó un incremento en la altura final hasta del 93% en comparación con el inicio, mientras que los tratamientos en los cuales se eliminó el 25 y 50% del sistema radical mostraron un estímulo en su desarrollo del 58 y 49%, respectivamente y el Tlavado presentó un bajo porcentaje, que fue del 18% de aumento en la altura de las plantas tratadas.

Mediante análisis de regresión $r^2 = 0,94$ y correlación cuyo $r = 0,97$ y un $P < 0,001$, se obtuvo que la altura de las plantas se redujo a medida que se eliminó su masa radical. Sin embargo, el tratamiento en cual se lavaron las raíces sin causar daños fue el que presentó menor altura de planta (figura 4).



Tratamiento 1= testigo; Tratamiento 2= plantas con el 25% de raíces eliminadas; Tratamiento 3= plantas con el 50% de raíces eliminadas; Tratamiento 4= plantas con raíces lavadas.

Figura 4. Regresión lineal de altura de la planta vs tratamientos.

Discusión

El lavado de raíces y sin causar daños fue el tratamiento más afectado en cuanto a la producción de masa radical y crecimiento, donde se puede plantear la hipótesis: de que al no haber daños en raíces los mecanismos de defensa de la planta no se activaron dado que no hubo ingreso de patógenos (Chisholm et al., 2006; Ojito-Ramos y Orelvis Portal, 2010), afectando su normal desarrollo.

En los tratamientos donde se realizaron los cortes y eliminación de los volúmenes del 25 y 50% raíces, se observó que al provocar heridas en el sistema radical de las plantas con un daño mecánico asistido se estimuló el aumento en el número de raicillas. En suelos labrados por debajo de 50 cm las raíces fueron más numerosas y más sanas, es decir, que hubo emisión de nuevas raíces (Robinson, 1996; Blomme et al., 2002). Los tejidos dañados fueron reemplazados con rapidez, cuando la infestación de nemátodos produjo la destrucción mecánica de una raíz e indujo la activación de sus mecanismos de defensa, produciendo nuevas raíces (Esaú, 1977; Soto, 1992; Gauggel et al., 2003; Vivanco et al., 2005).

El ataque de varios géneros de nematodos causando daños mecánicos y en alto grado de infección con *Meloidogyne* spp., puede dar como resultado un aumento en el peso del sistema radical (Bergh et al., 2000); por otro lado, el ataque de *Radopholus similis* en plátano dominico hartón (*Musa* AAB) ocasionó una excesiva ramificación de raíces secundarias (Guzmán et al., 2012). Existe la posibilidad de que los nematodos tuvieran efectos de inhibición y estimulación mutuamente independientes en las plantas según su número, cuando el proceso estimulador fue mayor que el daño al sistema radical, se recuperó con rapidez (Seinhorst, 1968; Wallace, 1971).

Con relación a la altura de la planta esta se vio afectada por la eliminación de raíces (25 y 50%), dado a que esta gastó energía en su recuperación y producción de raíces secundarias y su

crecimiento se detuvo, teniendo una relación directa entre sí (Callejas et al., 2012; Rasche et al., 2020).

Conclusiones

Las plantas en cuyo sistema radical se elimina entre el 25 y el 50% de la masa radical, se recupera y estimula la emisión de nuevas raíces que son proporcional al testigo absoluto en cuanto al peso de raíces y crecimiento de la planta.

Las afectaciones por el lavado de raíces, puede ser debido a que estas al no interactuar con patógenos sus mecanismos de defensas y crecimiento permanecen inactivos.

Se recomienda continuar con investigaciones similares para determinar su influencia en el desarrollo y la producción del volumen radical de la planta.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Litoral Sur, por el financiamiento para realizar esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Abdalla, M. M. F., Abd El-Wahab, M. M. H., Abdel-Lattif, H. Aguirre, O., C. Chávez, A. Giraud, and M. Araya. (2016). Frequencies and population densities of plant-parasitic nematodes on banana (*Musa* AAA) plantations in Ecuador from 2008 to 2014. *Agron. Colomb.* 34(1), 61-73. Doi: 10.15446/agron.colomb.v34n1.53915.
- Agrios, G.N. (2005). Plant pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, New York.
- Araya, M. (2004). Los fitonemátodos del banano (*Musa* AAA subgrupo Cavendish cultivares Grande Naine, Valery, William) su parasitismo y combate. XVI Reunión Internacional Acobat. Publicación Especial. 84 p.
- Bergh, V., De Waele, N., H., Thi Minh Nguyet, D., Thi Tuyet, N. y Thi Thanh, D. (2000). Cribado del germoplasma de *Musa* de Vietnam con respecto a la resistencia y tolerancia a los nematodos noduladores y lesionadores de las raíces en el invernadero. *InfoMusa*, 9(1): 10 p.
- Barekye, A., Kshaija, I.N.; Adipala, E. y Tushemereirwe, W.K. 1999. Pathogenic city of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* on bananas in Uganda: 319 – 326 pp. In: E.A. Frison, C.S. Gold, E.B. Karamura and R.A. Sikora eds. Mobilizing IPM for 45 sustainable

- banana productions in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa – 23 – 28 November 1998. IPGRI-INIBAP Montpellier France.
- Blomme, R., Swennen, R y Tenkouano, A. (2003). Evaluación de la variación genotípica en la arquitectura de las raíces de *Musa* spp., bajo condiciones de campo. *InfoMusa*, 12(1), 24-28.
- Blomme, G., Swennen, R y Tenkouano, A. (2002). Efecto de la densidad aparente del suelo sobre el desarrollo de las raíces y de toda la planta en seis variedades de banano. *InfoMusa*, 11(2), 38-40.
- Castro, M., Duarte, R., Portillo, C y Gonzales, J. (2003). *Banana yield response to nematode control in Dole farms in Costa Rica*. In: Root System: towards a better understanding for its productive management Proceedings of an International Symposium Held in San José. 22 p. Costa Rica.
- Chávez, C. y Araya, M. (2001). Frecuencia y densidades poblacionales de los nematodos parásitos de las raíces del banano (*Musa* AAA) en Ecuador. *Nematropica*. 31(1), 25-36.
- Chisholm, S. T., Coaker, G., Day, B. and Staskawicz, B. J. (2006). Host-microbe interactions: Shaping the evolution of the plant immune response. *Cell*, 124, 803-814.
- Callejas-Rodríguez, R., Rojo-Torres, E., Benavidez-Zabala, C. y Kania-Kuhl, E. (2012). Crecimiento y distribución de raíces y su relación con el potencial productivo de parrales de vides de mesa. *Agrociencia*, 46(1), 23-35.
- Draye, X. (2003a). *Distribution of banana roots in time and space*. In: Root system: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José. Costa Rica. 29 p.
- Draye, X. (2003b). *Distribution of banana roots in time and space*. International symposium of banana root system: towards a better understanding for its produce management San José, Costa Rica. *Corbana*, 3(5), 20.
- Delgado, A. y Triviño, C. (2013). Determinación del nivel crítico del nemátodo *Helicotylenchus multicinctus* en plantas de banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB), establecidas en invernadero y área comercial. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/255/6/T-UTB-FACIAG-AGROP-000025.pdf>.
- Esau, K. 1977. Anatomy of the seed plants. 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, New York.
- Gauggel, C., Sierra, F. and Arevalo, G. (2003). *The problem of banana roots deterioration and its impact on production: Latin America's experience* Banana (Eds.). Root system: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José. Costa Rica. 19 p.
- Gauggel, C. (2003). *La problemática del deterioro radical del banano y su impacto sobre la producción: experiencia de producción en América Latina*. In: Root System: towards a better understanding for its productive management Proceedings of an international symposium held in San José. Costa Rica. 20 p.
- Gowen, S. y Queneherve, P. (1990). *Nematodes parasites of bananas, plantains and abaca*. In: Sikora, A, Bridge, J. (Eds.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, UK. pp. 431-460.
- Gowen, S. R., Quénéhervé, P. and Fogain, R. (2005). *Nematode parasites of bananas and plantains*. In: Luc, M., Sikora, R. A., Bridge, J. (Eds.). In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, UK. pp. 611-643.
- Guzmán Piedrahita, O., Castaño Zapata, J. y Villegas Estrada, B. (2012). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Agron*. 20(1), 38-50.
- Jaramillo, J., Vintimilla, M., Rubio, D., Soto, G., Tobar, M., Salas, E. and Araya, M. (2019). Effect of nematicide rotation on banana (*Musa* AAA cv. Williams) root nematode control and crop yield. *Agronomía Colombiana*, 37(2), 153-165. Doi:10.15446/agron.colomb.v37n2.79099.
- Ojito-Ramos, K. and Portal, O. (2010). Introducción al sistema inmune en plantas. *Bioteología Vegetal*, 10(1), 3-19.
- Rasche Alvarez, J., Gomez, E., Fatecha Fois, D. y Leguizamón Rojas, C. (2020). Compactación del suelo y su efecto en el crecimiento vegetativo de soja, maíz y guandú. *Investig. Agrar*. 22(1):13-21.
- Robinson, J. C. (1996). *Bananas and Plantains*. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 238 p.
- Seinhorst, H. W. (1968). A model for the relation between nematode density and yield of attacked plants including growth stimulation at low densities. *Comptes Rendus du Huitieme Symposium International de Nematologie*. Antibes. 83 p.
- SINAGAP. (2017). *Boletín situacional plátano*. http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/boletin_situacional_platano_2017.pdf.
- Soto, M. 1992. *Banano cultivo y comercialización*. pp. 26-27.
- Thi Minh Nguyet, D., Elsen, A., Thi Tuyet, N y De Waele, D. (2002). Respuesta de la planta hospedante de los bananos Pisang jari buaya y Mysore, a *Radopholus similis*. *InfoMusa*, 11(1), 19.
- Vivanco, M., Cosio, E., Loyola-Vargas, V. y Flores, H. (2005). Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y Ciencia*, 68-78.
- Wallace, H. R. (1971). The influence of the density of nematode populations on plants. *Nematológica*, 17: 154-166.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Alex Delgado Párraga	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Daniel Navia	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Carmen Triviño	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Luís Peñaherrera	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.
Jessica Zambrano Mero	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.