

**Evaluación del hongo *Paecilomyces lilacinus*,
el bio-estimulante Agro-Mos[®] y el nematicida
fluopyram para el control del nematodo
nodulador *Meloidogyne incognita* en plantas
de plátano (*Musa paradisiaca* cv. “Curaré
enano”) en invernadero**

Santiago Restrepo Jaramillo

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación del hongo *Paecilomyces lilacinus*,
el bio-estimulante Agro-Mos[®] y el nematicida
fluopyram para el control del nematodo
nodulador *Meloidogyne incognita* en plantas
de plátano (*Musa paradisiaca* cv. “Curaré
enano”) en invernadero**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:
Santiago Restrepo Jaramillo

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2018

Evaluación del hongo *Paecilomyces lilacinus*, el bio-estimulante Agro-Mos® y el nematocida fluopyram para el control del nematodo nodulador *Meloidogyne incognita* en plantas de plátano (*Musa paradisiaca* cv. “Curaré enano”) en invernadero

Santiago Restrepo Jaramillo

Resumen. El estudio fue realizado en los invernaderos de malla en la unidad de control biológico de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Los objetivos del estudio fueron, evaluar la efectividad biológica del hongo *Paecilomyces lilacinus* comparado con el bio-estimulante Agro-Mos® y el nematocida químico Verango 50 SC® (fluopyram) para el control de *Meloidogyne incognita* en plantas de plátano. Se utilizó un diseño completamente al azar, cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, 16 unidades experimentales con cinco plantas cada una, 80 plantas en total. Los tratamientos fueron Verango 50 SC® 100% (fluopyram) (1 L/ha), Verango 50 SC® 50% (0.5 L/ha) + Agro-Mos® (1 L/ha), Pazam® (*Paecilomyces lilacinus*) (1.25×10^{11} UFC/ha) y testigo. Las aplicaciones se realizaron a los 12, 27, 42 y 57 días después de siembra (DDS), el nematocida Verango 50 SC® se aplicó solo en las dos primeras fechas. Las variables medidas fueron densidad poblacional de *M. incognita* en 100 gramos de suelo, altura de planta (cm), peso fresco radicular (g) y cantidad de nódulos por gramo de raíz, las cuales se midieron a los 27, 42, 57 y 72 DDS, el muestreo fue destructivo. Los tratamientos Verango 50 SC® 100%, Verango 50 SC® 50% + Agro-Mos® y Pazam® presentaron menor cantidad de nematodos en comparación al testigo. Plantas tratadas con Verango 50 SC® 50 % + Agro-Mos® presentaron mayor peso radicular, mayor tamaño y menor cantidad de nódulos en comparación con los demás tratamientos a los 72 días de evaluación.

Palabras claves: Biofertilizante, estrategia biorracional, fitonemátodo, nematófago.

Abstract. The study performed in the mesh greenhouses located at the biological pest control unit of the Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. The objectives of the study were to evaluate the biological effectiveness of the fungi *Paecilomyces lilacinus* compared to the biostimulating Agro-Mos® and the chemical nematocide Verango 50 SC® (fluopyram) for the *Meloidogyne incognita* control in plantain plants. A completely randomized design was used four treatments and four repetitions, 16 experimental units five plants each with a total of 80 plants. The evaluated treatments were Verango 50 SC® 100% (1 L/ha), Verango 50 SC® 50% (0.5 L/ha) + Agro-Mos® (1 L/ha), Pazam® (*Paecilomyces lilacinus*) (1.25×10^{11} UFC/ha) and the witness. The treatments were implemented on the 12, 27, 42, and 57 days after plating (DAP), Verango 50 SC® was only used the first two applications. The measured variables; population density of *M. incognita* in a 100 grams of soil, plant height (cm), radicular fresh weight (g) and nodules quantity by root grams during the 27, 42, 57 y 72 DAP, with a destructive sampling. The Verango 50 SC® 100%, Verango 50 SC® 50% + Agro-Mos® and Pazam® treatments had a lower number of nematodes compared to the control. Plants treated with Verango 50 SC® 50% + Agro-Mos® had greater root weight, larger size and fewer nodules compared to the other treatments after 72 days of evaluation.

Key words: Biofertilizer, biorational strategy, fitonematode, nematophagous.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	11
5. RECOMENDACIONES.....	12
6. LITERATURA CITADA.....	13

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Páginas
1. Tratamientos evaluados con sus dosis e ingredientes activos, Zamorano, Honduras 2018.....	4
2. Altura promedio en centímetros de plantas de plátano por tratamiento a los 27, 42, 57 y 72 días después de siembra, Zamorano, Honduras 2018.....	6
3. Densidad promedio de <i>Meloidogyne incognita</i> en 100 gramos de suelo a los 27, 42, 57 y 72 días después de siembra, Zamorano, Honduras 2018	7
4. Promedio del peso fresco radicular en gramos de plantas de plátano por tratamiento a los 21, 42, 57 y 72 días después de siembra, Zamorano, Honduras 2018.....	9
5. Cantidad promedio de nódulos por gramo de raíz en plantas de plátano por tratamiento expuestas a <i>Meloidogyne incognitaa</i> los 27, 42, 57 y 72 días después de siembra, Zamorano, Honduras 2018.....	10

1. INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa paradisiaca.*) es una planta herbácea perenne de rápido crecimiento, se considera el cuarto cultivo más importante en el mundo luego del trigo, arroz y maíz, siendo una fuente de empleo e ingresos por excelencia, especialmente en países en vía de desarrollo. A nivel alimenticio este producto forma parte de la canasta básica familiar ya que constituye una fuente rica de carbohidratos, vitaminas y minerales (Palencia *et al.* 2006).

Según la base de datos de la FAO sobre la producción y rendimiento promedio del plátano desde 1994 a 2016, menciona que la producción mundial se concentra en África, América y Asia representando el 60.3, 26 y 13.7 % respectivamente. Uganda es el mayor productor con 7.3, seguido de Filipinas con 3.1 y Colombia con 3 millones de toneladas al año. El rendimiento promedio por hectárea a nivel mundial fue de 7.47 toneladas en el 2016 (FAO 2017).

El rendimiento productivo es afectado por múltiples factores, ya sea por programas de fertilización inadecuados, carencia o exceso de agua, malas prácticas agrícolas o presencia de plagas y enfermedades fitosanitarias. Entre los problemas fitosanitarios más importantes se encuentran la sigatoka negra a nivel foliar y la presencia de nematodos a nivel radicular (DANE 2016), siendo el barrenador *Radopholus similis* y el nodulador *Meloidogyne incognita* los fitonemátodos más determinantes en el cultivo (Guerrero 2010).

Por otra parte, el género *Meloidogyne* spp. son endoparásitos sedentarios, es decir, que penetra la raíz y se establece en su interior. Su ciclo de vida consta de huevo, cuatro estadios juveniles (J1, J2, J3, J4) y los adultos. Los especímenes jóvenes móviles que emergen de los huevos en su segunda etapa (J2), invaden la endodermis e inducen a la formación de células agrandadas que bloquean los vasos del xilema, a lo largo de todo el proceso, el nematodo se va alimentando y consecuentemente van mudando tres veces más hasta convertirse en hembras o machos adultos. Las hembras depositan sus huevecillos en una matriz gelatinosa ubicada en la superficie de la raíz, forman pequeñas masas de huevos y los machos salen al exterior para reproducirse. En musáceas su ciclo biológico completo dura de cuatro a seis semanas (De Waele y Davide 1998).

La presencia de nódulos o llagas en las raíces, menor crecimiento del sistema radicular, amarillamiento en la parte aérea, menor crecimiento de la planta y una disminución notable del rendimiento productivo, son síntomas característicos ocasionados por la infección de *Meloidogyne incognita* (De Waele y Davide 1998).

El método químico ha sido el más utilizado por los agricultores, su acción rápida y control eficaz, hacen de estos productos una forma viable para lograr minimizar en corto plazo los problemas generados por estos organismos. El nematocida Verango 50 SC[®] (fluopyram) actúa directamente sobre el complejo 2 de la cadena respiratoria del nematodo en sus formas infectivas J2, inhibiendo la acción del succinato coenzima Q reductasa (SQR) vital para su correcto funcionamiento (Bayer 2017).

El hongo *Paecilomyces lilacinus*, como estrategia biológica es un nematófago que ataca principalmente especies de *Meloidogyne* spp. Este hongo al parasitar huevos, es capaz de deformar su estructura y en consecuencia va a limitar su eclosión, reduciendo satisfactoriamente poblaciones futuras de nematodos. Debido al alto potencial parasítico que lo caracteriza, *P. lilacinus* también puede parasitar hembras, en su estructura presenta conidias, las cuales se fijan en la superficie del nematodo, al germinar producen hifas, estas hifas destruyen las células de la pared externa y en su interior, se alimentan de todas las reservas nutritivas paralizando y matando posteriormente al organismo. (UNA 2009, Piedra 2008).

Otra alternativa viable es la aplicación preventiva de bio-estimulantes, estos productos estimulan procesos naturales de las plantas que benefician al desarrollo y mejora las respuestas contra las enfermedades parasitarias y no parasitarias, además favorecen la absorción y asimilación de nutrientes (du Jardin 2015).

Basado en investigaciones de nutrigenómica de Alltech sobre *Saccharomyces cerevisiae* SP. 1026, desarrolló el bio-estimulante Agro-Mos[®] elaborado a base de alpha-amino nitrógeno, sulfato de cobre (4%) y fermentados sólidos solubles de bacterias y levaduras extraídas de *S. cerevisiae* el cual ayuda a las plantas en sus procesos fisiológicos, generando mayor resistencia contra factores bióticos y/o abióticos. Agro-Mos[®] posee elicitores, estos compuestos son el resultado de la biosíntesis de metabolitos secundarios que ayudan a la planta a reconocer incidencias de patógenos rápidamente y en respuesta a esto, aumentan su producción de fitoalexinas las cuales son utilizadas para contrarrestar o reducir la infección (Alltech 2015, Intagri 2017).

Los objetivos del estudio fueron:

- Evaluar la efectividad biológica del hongo *Paecilomyces lilacinus* comparado con el bio-estimulante Agro-Mos[®] más el nematocida químico Verango 50 SC[®] 50% y la aplicación única de Verango 50 SC[®] 100% para el control de *Meloidogyne incognita* en plantas de plátano.
- Determinar el tratamiento con mayor desarrollo fisiológico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización.

El estudio se realizó en los meses de junio a agosto del 2018, en los invernaderos de malla de la unidad de control biológico de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Ubicada a 32 Km en dirección sureste de Tegucigalpa, Honduras, a una altura de 800 msnm y temperatura promedio anual de 24 °C.

Siembra de plátano.

Primero se seleccionaron 80 cormos de plátano cv, “Curaré enano” con rango de peso de 150 a 250 gramos. Posteriormente se desinfectaron mediante la inmersión en agua caliente a 55 °C por 20 segundos. El sustrato utilizado fue una mezcla de suelo más casulla de arroz en relación 3:1 (Coto 2009), luego se esterilizó en autoclave a 120 °C por 40 minutos a 1.75 Kg/cm² y se dejó reposar por 24 horas. Las bolsas utilizadas fueron de polipropileno de 23 × 30 cm. Se llenó cada bolsa hasta la mitad, se añadió 25 g de fertilizante DAP (18-46-0), se cubrió el fertilizante con más sustrato y finalmente se sembraron los cormos. Cada bolsa contenía 1,300 g de sustrato. Las plantas se regaron diariamente, se realizó una segunda aplicación tipo drench de fertilizante DAP (18-46-0) a los 40 días después de siembra (DDS).

Extracción e inoculación de *Meloidogyne incognita*.

Todos los tratamientos fueron inoculados con *Meloidogyne incognita*, este nematodo se extrajo de plantas de zanahoria altamente infectadas. Utilizando un atomizador de agua, se lavaron completamente las raíces con el fin de desprender la mayor cantidad de nematodos adheridos a la pared externa, toda esta solución (agua + nematodos) se recopiló en recipientes plásticos. El conteo promedio inicial en laboratorio determinó que por cada 100 mL de solución existía un total de 7,500 nematodos. Finalmente se procedió a inocular cada planta añadiendo 100 mL de solución, esto a los 6 DDS. El primer conteo control se realizó a los 12 DDS. Se determinó que, por cada bolsa de 1,300 g de sustrato, existía un total de 2,600 nematodos.

Tratamientos.

Se establecieron cuatro tratamientos: Verango 50 SC[®] dosis recomendada (100%) (1 L/ha), Verango 50 SC[®] 50% (0.5 L/ha) + Agro Mos[®] (1 L/ha), Pazam[®] (1.25 × 10¹¹ UFC/ha) (*Paecilomyces lilacinus*) (20 g/ha) y el Testigo sin tratar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados con sus dosis e ingredientes activos, Zamorano, Honduras 2018.

Producto	Dosis utilizada	Ingrediente activo
Verango 50 SC [®] 100%	1 L/ha	Fluopyram 50 %
Verango 50 SC [®] 50% + Agro-Mos [®]	0.5 L + 1 L/ha	Fermentados sólidos solubles
Pazam [®]	1.25×10^{11} UFC/ha	<i>Paecilomyces lilacinus</i>
Testigo	Agua	

Aplicaciones.

Las aplicaciones se realizaron a los 12, 27, 42 y 57 DDS, la dosis utilizada por tratamiento para cada aplicación se diluyó en agua, se aplicó un volumen de 120 mL de solución por planta. En la primera y segunda aplicación a los 12 y 27 DDS se aplicaron los tratamientos Verango 50 SC[®] 100%, Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] y Pazam[®]. En la tercera y cuarta aplicación a los 42 y 57 DDS el nematicida químico no se aplicó, sin embargo, en el tratamiento Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] la dosis del bio-estimulante se mantuvo. El tratamiento Pazam[®] se aplicó normalmente en las dos últimas fechas (42 y 57 DDS).

Variables medidas.

La medición de todas las variables inició 15 días después de la primera aplicación de tratamientos, en total fueron cuatro tomas de datos a los 27, 42, 57 y 72 DDS. Para las tres primeras fechas se utilizó una planta por unidad experimental y en la última, al día 72 se analizaron dos plantas, el muestreo fue destructivo.

Altura de planta. Para esta variable se utilizó un flexómetro. Se midió la altura (cm) desde la base del pseudotallo hasta la bifurcación en V de las dos últimas hojas.

Densidad poblacional de *Meloidogyne incognita* en el sustrato por planta. Se extrajo cuidadosamente todo el sustrato sin lesionar las raíces de la planta, se colocó en un recipiente y se homogenizó. Luego se tomaron 100 g, los cuales fueron colocados en un recipiente con 1 L de agua potable, se mezcló por 1 minuto, luego se dejó reposar por 30 segundos para permitir que partículas gruesas se sedimenten, la mezcla se filtró a través de un tamiz de 80 mesh, de allí se obtuvo dos muestras representativas de 50 mL cada una en tubos de ensayo y se evaluaron en laboratorio. Para la extracción de nematodos se utilizó el método de centrifugación-flotación, las muestras fueron sometidas a 3,000 rpm por 3 minutos, luego se preparó una solución azucarada mezclando 227 g de azúcar en 500 mL de agua. Posteriormente se eliminó el sobrenadante y se agregó a las muestras esta solución azucarada homogenizando cada tubo de ensayo. Se procedió a centrifugar nuevamente las muestras a 2,500 rpm por 3 minutos para finalmente tamizar las soluciones utilizando un tamiz de 400 mesh. Todos los residuos presentes en la parte superior del tamiz se recolectaron en tubos de ensayo marcándolos según corresponda la muestra de cada unidad experimental. Utilizando una micro-pipeta se colocaron tres gotas de 100 μ L en un porta-objetos y se montó la muestra en el microscopio para su conteo.

Peso fresco radicular. Para la medición del peso se separó las raíces del sustrato. Se realizó un corte en el extremo superior de todas las raíces al ras del corno y se recolectaron en bolsa plástica marcándolas según la unidad experimental. En laboratorio se lavaron las raíces con el fin de eliminar partículas de suelo que pudiesen afectar los resultados, se secaron con papel toalla y se pesaron utilizando una balanza electrónica.

Cantidad de nódulos por gramos de raíz. Luego de pesar las raíces, se realizó el conteo de nódulos usando el estereoscopio. Al final se dividió el número total de nódulos entre el peso radicular y se obtuvo el número total de nódulos por gramo de raíz.

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), cuatro tratamientos con cuatro repeticiones y 16 unidades experimentales, las cuales constaban de cinco plantas para un total de 80 plantas.

Análisis estadístico.

Los datos se analizaron utilizando el Modelo Lineal Generalizado (GLM) del paquete estadístico “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4[®]), se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Duncan con un nivel de significancia ($P \leq 0.05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante el tiempo que duró la evaluación indican que para la variable altura de planta no se encontró diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos a los 27, 42 y 57 DDS (Cuadro 2). Por otra parte, la evaluación realizada a los 72 DDS muestra que el tratamiento Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] presentó plantas con mayor altura que el resto de los tratamientos ($P\leq 0.05$). Sin embargo, entre los tratamientos Verango 50 SC[®] 100% y Pazam[®] las plantas obtuvieron la misma altura estadísticamente. En general, todos los tratamientos presentaron alturas mayores que el testigo al finalizar el estudio.

Cuadro 2. Altura promedio en centímetros de plantas de plátano por tratamiento a los 27, 42, 57 y 72 días después de siembra, Zamorano, Honduras 2018

Tratamientos	Días después de siembra			
	27	42	57	72
Verango 50 SC [®] 100%	24	27.5	34.3	33.0 b \neq
Verango 50 SC [®] 50% + Agro-Mos [®]	25	23.5	36.0	39.0 a
Pazam [®]	24	24.5	38.0	35.0 b
Testigo	23.75	25	33.0	30.0 c
Probabilidad	0.5925	0.6899	0.0979	<0.0001
R ²	0.5098	0.5162	0.6727	0.6375
C.V %	2.85	10	3.57	4.28

\neq : valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P\leq 0.05$)

CV %: Coeficiente de variación

Según Karajeh (2013), considera a la levadura *Saccharomyces cerevisiae* como promotora del crecimiento de plantas, ya que contiene proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos, lípidos, vitaminas y diferentes minerales que ayudan a estimular su desarrollo, por ende, los extractos fermentados de bacterias y levaduras obtenidas de *S. cerevisiae* presentes en Agro-Mos[®], probablemente estimuló el crecimiento de las plantas en el tratamiento Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®].

Al finalizar el estudio se observó que para el día 57, todos los tratamientos presentaban alturas superiores a 30 cm lo cual, según Coto (2009), afirma que las plantas de plátano a los 56 DDS establecidas en vivero y bajo condiciones agronómicas ideales (agua y

fertilización) alcanzarán la altura (30 cm) correcta para un óptimo desarrollo en campo. Por ende, es factible resaltar que la infección por *M. incognita* no tuvo impacto en el crecimiento inicial de las plantas.

Densidad poblacional de nematodos *Meloidogyne incognita* en el sustrato por planta.

Al evaluar los resultados se observó que, en el muestreo inicial después de la primera aplicación a los 27 DDS, los tratamientos Verango 50 SC[®] 100% y Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] obtuvieron menor cantidad de nematodos en el sustrato, con cantidades de 100 y 110 *M. incognita* en 100 gramos de suelo respectivamente, comparados con los tratamientos Pazam[®] y el Testigo los cuales presentaron 170 y 190 *M. incognita* en 100 gramos de suelo, estas cantidades no fueron diferentes entre sí significativamente (P>0.05). Al día 42 después de la segunda aplicación la población se incrementó en un 90% en el Testigo en comparación con los tratamientos Verango 50 SC[®] 100%, Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] y Pazam[®] ya que mostraron reducciones poblacionales de 40, 27 y 41 % respectivamente, entre estos tres tratamientos no se observó diferencia significativa. Al día 57 después de la tercera aplicación los tratamientos Verango 50 SC[®] 100% y Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] presentaron mayor reducción de poblaciones significativamente que los demás, sin embargo, el tratamiento Pazam[®] presentó mayor reducción poblacional del 65% en relación a la población inicial comparado con el testigo que incrementó un 163% su población. A los 72 días DDS se observa que no existe diferencia significativa (P>0.05) en densidad poblacional de los tratamientos Verango 50 SC[®] 100%, Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] y Pazam[®] sienta el testigo el único tratamiento en incrementar su población en un 262% en comparación a la inicial (Cuadro 3).

Cuadro 3. Densidad promedio de *Meloidogyne incognita* en 100 gramos de suelo a los 27, 42, 57 y 72 días después de siembra, Zamorano, Honduras 2018.

Tratamientos	Días después de siembra			
	27	42	57	72
Verango 50 SC [®] 100%	100 b \neq	60 b	20 c	5 b
Verango 50 SC [®] 50% + Agro-Mos [®]	110 b	80 b	10 c	2 b
Pazam [®]	170 a	100 b	60 b	7 b
Testigo	190 a	360 a	500 a	688 a
Probabilidad	0.0146	<0.0001	<0.0001	<0.0001
R ²	0.7268	0.94	0.9726	0.9746
CV %	12.37	13.45	18.92	26.11

\neq : valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan (P≤0.05)

CV %: Coeficiente de variación

El control eficiente de Verango 50 SC[®] (fluopyram) concuerda con lo mencionado por Marc Rist, investigador de Monheim que trabaja en el departamento de Investigación de control de plagas en Bayer CropScience, quien asegura que Verango 50 SC[®] en contacto con el

nematodo, va a interrumpir el suministro de energía evitando la formación de ATP y en consecuencia el organismo se paraliza y muere (Bayer 2017).

Estudios validados por las estaciones experimentales de Bayer a nivel mundial, menciona que Verango 50 SC[®] por ser un producto con un nivel toxicológico bajo, es factible combinarlo con estrategias biológicas, logrando reducir las cargas químicas y así aumentar rendimientos en el cultivo (Bayer 2017).

Agro-Mos[®] interviene en la reactivación de las defensas naturales de las plantas, provee de nutrientes esenciales que optimizan el desarrollo del cultivo, sin embargo, hasta el momento no existe estudios que expliquen el efecto del producto aplicado a nivel radicular (Alltech 2015).

Los tratamientos Verango 50 SC[®] 100% y Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] tuvieron efectos estadísticamente similares, estas dosis utilizadas de Verango 50 SC[®] (fluopyram) coinciden con el estudio desarrollado por Saire (2017) en tomate, donde fluopyram a 1 L/ha y 0.5 L/ha no tuvieron diferencias significativas, reduciendo eficazmente las cantidades iniciales de *M. incognita* presentes en 100 g de suelo.

El tratamiento *P. linacinus* al día 72, no tuvo diferencias significativas en comparación a los dos anteriores, controlando eficientemente el organismo, esto coincide con Fernández *et al.* (2005) donde comprobaron que, en plantaciones de banano infestadas por nematodos, el hongo *P. linacinus* fue capaz de reducir notablemente las poblaciones de *Meloidogyne incognita* y *Radopholus similis* en un 85%.

Peso fresco radicular.

En relación a los datos obtenidos se observó que para las muestras tomadas a los 27 y 42 DDS no existió diferencia en cuanto al peso fresco radicular entre los tratamientos ($P > 0.05$). A los 57 y 72 DDS se puede observar que el tratamiento Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] presentó los mayores pesos radiculares en comparación a los demás tratamientos. Este resultado indica que la adición de Agro-Mos[®] tuvo efectos positivos en el desarrollo radicular, posiblemente se deba al contenido de sulfato de cobre (4%) micronutriente que en dosis bajas es fundamental, el cobre es necesario en los procesos fotosintéticos, esencial para la respiración de la planta, entonces al aumentar su capacidad fotosintética, aumenta su desarrollo (Bloodnick 2018). El tratamiento Verango 50 SC[®] 100% y Pazam[®] obtuvieron los mismos pesos radiculares en ambas fechas y fueron significativamente mayores que el testigo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedio del peso fresco radicular en gramos de plantas de plátano por tratamiento a los 21, 42, 57 y 72 días después de siembra, Zamorano, Honduras 2018

Tratamientos	Días después de siembra			
	27	42	57	72
Verango 50 SC [®] 100%	10.5	13	28 b‡	22 b
Verango 50 SC [®] 50% + Agro-Mos [®]	13.7	20.8	43 a	41 a
Pazam [®]	10.1	14.8	31 b	22 b
Testigo	7.6	11.4	24 c	15 c
Probabilidad	0.3757	0.2292	0.0002	<0.0001
R ²	0.373	0.5433	0.8996	0.7733
CV %	23.25	22.73	5.58	12.48

‡: valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

CV %: Coeficiente de variación

Según Gauggel *et al.* (2003), asevera que los incrementos de las poblaciones de nemátodos en las raíces del banano es un factor determinante y crítico que fomenta el acelerado deterioro del sistema radical de la planta, quien además enfatiza que la presencia del nematodo *Meloidogyne incognita*, provoca un deterioro paulatino en cuanto a las producciones de raíces secundarias y terciarias en la planta, por lo tanto, el peso o volumen radicular va a ser menor. Esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que, el testigo en los 72 días de evaluación presentó menor peso en comparación con los demás tratamientos.

Cantidad de nódulos por gramo de raíz.

Cuando se compara la cantidad de nódulos formados por gramo de raíz se observa que durante las cuatro fechas evaluadas el tratamiento Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] presentó la menor cantidad de nódulos en comparación con los demás tratamientos significativamente ($P \leq 0.05$). El tratamiento testigo durante los 72 días evaluados presentó la mayor cantidad de nódulos que los demás tratamientos. El tratamiento Pazam[®] y Verango 50 SC[®] 100% no presentaron diferencia en la cantidad de nódulos formados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cantidad promedio de nódulos por gramo de raíz en plantas de plátano por tratamiento expuestas a *Meloidogyne incognita* a los 27, 42, 57 y 72 días después de siembra, Zamorano, Honduras 2018

Tratamientos	Días después de siembra			
	27	42	57	72
Verango 50 SC [®] 100%	0.8 b \forall	0.9 b	0.3 b	0.4 b
Verango 50 SC [®] 50% + Agro-Mos [®]	0.3 c	0.2 c	0.2 c	0.2 c
Pazam [®]	0.8 b	0.8 b	0.4 b	0.5 b
Testigo	1.8 a	0.2 a	2.1 a	2.4 a
Probabilidad	0.0005	0.0001	<0.0001	<0.0001
R ²	0.8599	0.8924	0.9963	0.9585
CV %	20.1165	17.317	4.2285	12.5615

\forall : valores con letras distintas en la columna presentan diferencias significativas según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

CV %: Coeficiente de variación

Las densidades promedio de *Meloidogyne incognita* en 100 g de suelo por cada planta de plátano (Cuadro 2) tienen relación directa con la formación de nódulos en las raíces (Cuadro 5) ya que, a menor cantidad de nematodos, menor daño en las raíces (nódulos). El tratamiento Verango 50 SC[®] 50% + Agro-Mos[®] durante los 72 días de evaluación presentó menor cantidad de nódulos en comparación con los demás.

4. CONCLUSIONES

- El tratamiento Verango 50 SC[®] 50% (0.5 L/ha) + Agro-Mos[®] (1 L/ha) presentó plantas con mayor altura (39 cm promedio) en comparación con los demás tratamientos.
- Las aplicaciones de Verango 50 SC[®] 100% (1 L/ha), Verango 50 SC[®] 50% (0.5 L/ha) + Agro-Mos[®] (1 L/ha) y Pazam[®] (1.25×10^{11} UFC/ha) al día 72 de evaluación, lograron reducir las poblaciones iniciales de *M. incognita* en un 95, 98 y 96 % respectivamente.
- El tratamiento Verango 50 SC[®] 50% (0.5 L/ha) + Agro-Mos[®] (1 L/ha) a los 56 y 72 DDS obtuvieron mejor peso radicular (43, 41 g) y menor cantidad de nódulos por gramo de raíz.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar otro estudio comparativo en plátano utilizando los mismos tratamientos, pero inoculando el nematodo barrenador *Radopholus similis*.
- Desarrollar el mismo ensayo durante todo el ciclo productivo de plátano evaluado en campo.
- Realizar un análisis costo/beneficio de los productos evaluados.

6. LITERATURA CITADA

- Alltech. 2015. Agro-Mos[®] [internet]. Chile: Alltech; [consultado 2018 jul 29]. <https://go.alltech.com/crop-agromos>
- Bayer. 2017. Revolution from the ground up [internet]. Alemania: Bayer[®]; [consultado 2018 sep 10]. <https://www.research.bayer.com/en/revolution-from-the-ground-up.aspx>
- Bloodnick E. 2018. La función del cobre en el cultivo de plantas [internet]. USA: PROMIX; [consultado 2018 sep 03]. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-cobre-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Coto J. 2009. Guía para multiplicación rápida de cormos de plátano y banano [internet]. Honduras: FHIA; [consultado 2018 jul 01]. http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/multiplicacion_rapida_de_cormos_de_platano_y_banano.pdf
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2016. Enfermedades y plagas del plátano (*Musa paradisiaca*) y el banano (*Musa acuminata*; *M sapientum*) en Colombia [internet]. Colombia: DANE; [consultado 2018 jul 17]. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol_Insumos_sep_2016.pdf
- du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation [internet]. Bélgica: Science Direct; [consultado 2018 jun 30]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850?via%3Dihub>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. FAOSTAT-base de datos cultivos [internet]. Roma: FAO; [consultado 2018 oct 2]. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fernández E, Mena J, González J, Márquez M. 2005. Biological control of nematodes in banana [internet]. France: INIBAP; [consultado 2018 sep 05]. https://www.researchgate.net/publication/260255942_Biological_control_of_nematodes_in_banana

- Gauggel CA, Sierra F, Arévalo G. 2003. La problemática del deterioro radical del banano y su impacto en la producción: Experiencia en América Latina. Sistema radical del banano: Hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo. Noviembre 2003. San José, Costa Rica: La Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano.
- Guerrero M. 2010. Guía técnica del cultivo del plátano [internet]. El Salvador: CENTA; [consultado 2018 jul 02]. <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PLATANO%202011.pdf>
- Intagri. 2017. Las fitoalexinas como mecanismo de defensa en las plantas [internet]. México: INTAGRI; [consultado 2018 sep 02]. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/las-fitoalexinas-como-mecanismo-defensa-en-las-plantas>
- Karajeh M. 2013. Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* on controlling the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) infection and promoting cucumber growth and yield under laboratory and field conditions. Jordania: Mutah University; [consultado 2018 ago 27]. https://www.researchgate.net/publication/262827129_Efficacy_of_Saccharomyces_cerevisiae_on_controlling_the_root-knot_nematode_Meloidogyne_javanica_infection_and_promoting_cucumber_growth_and_yield_under_laboratory_and_field_conditions
- Palencia G, Gómez R, Martín J. 2006. Manejo sostenible del cultivo del plátano [internet]. Colombia: Corpoica; [consultado 2018 ago 02]. <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Cultivodelplano.pdf>
- Piedra R. 2008. Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. Tecnología en Marcha. Vol. 21-1, P. 123-132. http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1345/1247
- Saire L. 2017. Productos químicos alternativos e ingredientes activos comercialmente nuevos para el control de *Meloidogyne incognita* en tomate en invernadero [internet]. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; [consultado 2018 sep 08]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2955/H10-S357-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNA (Universidad Nacional Agraria). 2009. Uso y manejo de *Paecilomyces lilacinus* para el control de nematodos [internet]. Nicaragua: UNA; [consultado 2018 ago 07]. <https://docplayer.es/48493800-Guia-uso-y-manejo-de-paecilomyces-lilacinus-para-el-control-de-nematodos.html>

De Waele D, Davide R. 1998. Nematodos noduladores de las raíces del banano [internet]. Francia: INIBAP; [consultado 2018 ago 02]. https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/697_ES.pdf