

***Bacillus methylotrophicus* en la sanidad radicular del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*)**

Marcell Maldonado Lucio^{1*}; Mairett Yuri Rodríguez-Balza²; Jesús Eduardo Caripe Galindo¹

¹Gerencia técnica, Mercadeo y Desarrollo, Interoc Ecuador; ²Consultor externo Gerencia técnica, Mercadeo y Desarrollo, Interoc Ecuador.

***Autor de**

Correspondencia:

Marcell Maldonado Lucio
marcell.maldonado@interoc.biz

Contribución:

Tecnológica

Sección:

Fitosanidad

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

Maldonado LM, Rodríguez-Balza MY y Caripe GJE.

2024. *Bacillus*

methylotrophicus en la sanidad radicular del cultivo

de banano (*Musa*

paradisiaca). Acorbat

Revista de Tecnología y

Ciencia 1(1): 62

<https://doi.org/10.62498/AR>

TC.2462

RESUMEN

Ecuador, uno de los principales exportadores de banano, cuenta con una superficie de 170000 has del cultivo, y solo se emplea nematicidas en el 23.5% para el control de esta plaga, que afecta el sistema radicular de la planta, conduciendo a reducción del rendimiento. Por esta razón, Interoc desarrolló una serie de ensayos en diferentes localidades del país, empleando LALNIX ONIX, nematicida biológico, con concentración de *Bacillus methylotrophicus*, para promover la sanidad radicular en su producción. LALNIX ONIX mostró mayor control de nematodos totales respecto a los productos químicos o al testigo. Se reportó entre el 10 y 18% de incremento de productividad tanto de los productos químicos como el biológico, respecto al testigo.

Palabras clave: Nematicida, control biológico, *Radopholus similis*, nematodos, banano, Fitosanidad.

ABSTRACT

Ecuador, one of the main banana exporters, has an area of 170,000 hectares of cultivation, and only 23.5% of it uses nematicides to control this pest, which affects the root system of the plant, leading to a reduction in yield. For this reason, Interoc developed in different locations in the country, a series of trials using LALNIX ONIX, a biological nematicide, with a concentration of *Bacillus methylotrophicus*, to promote root health in its production. LALNIX ONIX showed greater control of total nematodes compared to the chemical products or the control. Between 10 and 18% increase in production of both chemical products and biological was reported, compared to the control.

Keywords: Nematicide, biological control, *Radopholus similis*, nematodes, banana, phytosanity.



INTRODUCCIÓN

La superficie de siembra del cultivo de Banano en Ecuador es de aproximadamente 170000 hectáreas (Agrocalidad, 2023), y mayormente se concentra en tres provincias del litoral, como Guayas, Los Ríos y El Oro (92%) y entre otras 7 provincias (8%) (INIAP, 2023). Ecuador es uno de los mayores exportadores de banano a nivel mundial, cuenta con una participación del 2% del PIB general y cerca del 35% del PIB agrícola de Ecuador (Miranda et al., 2022; Agrocalidad, 2023).

En el banano, los nematodos son una de las principales plagas, que causan deterioro radical, lo cual retrasa el crecimiento normal de la planta, conduciendo a un bajo rendimiento del cultivo, y reducción de la calidad de los frutos (Acosta, M., 2021; Medina, R., 2022). En ese sentido, Espinoza (2017), señala que las pérdidas registradas en las bananeras a causa de los nematodos alcanzan hasta un 22%; para su control se recomienda el uso de nematicidas cuando la población total de nemátodos supera los 10.000 individuos por cada 100 gr de raíces, los más destructores son los endoparásitos migratorios tales como *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* y el semiendoparásito *Helicotylenchus multicinctus*, que están ampliamente distribuidos en todas las zonas bananeras; además, en ciertas zonas se han encontrado especies de nemátodos endoparásitos sedentarios (*Meloidyne* spp.).

Para la mitigación de estos organismos, el método más utilizado es el control químico, no obstante, en esta investigación se presentan resultados de una batería de ensayos realizados por INTEROC en el cultivo de banano, en diferentes localidades de Ecuador, empleando LALNIX ONIX para promover la sanidad radicular en su producción.

El producto LALNIX ONIX aplicado en los ensayos, es un nematicida biológico que está formulado como Suspensión Concentrada, con una concentración de *Bacillus methylotrophicus* GF 267 en forma de endoesporas 1×10^9 UFC /ml de producto comercial. Se recomienda en Ecuador para el control de *Radopholus similis* en el cultivo del banano en una dosis de 2.0 L/ha para aplicación en drench o riego. Este producto es formulado por la empresa multinacional LALLEMAND, su modo de acción es con efecto multisitio, como se muestra en la Figura 1, ingresan los metabolitos con efecto nematicida que contienen compuestos tóxicos volátiles tales como 6-dodecanone (44.38%), 1-tridecanol o tridecan-1-ol (17.67%), meso-2,3-diethyl-2,3-dimethyl-1,4-butanediol (6.83%) y 7-methyl-2-octyne; actúa directamente contra los nematodos inhibiendo la eclosión de huevos y reduciendo la población de nematodos juveniles y adultos. Además, estimula las defensas de la planta por

promover la producción de quitinasa y beta 1,3 glucanasa, así mismo, induce a la resistencia de la planta al estrés a través de la producción de enzimas catalasas y peroxidasas.

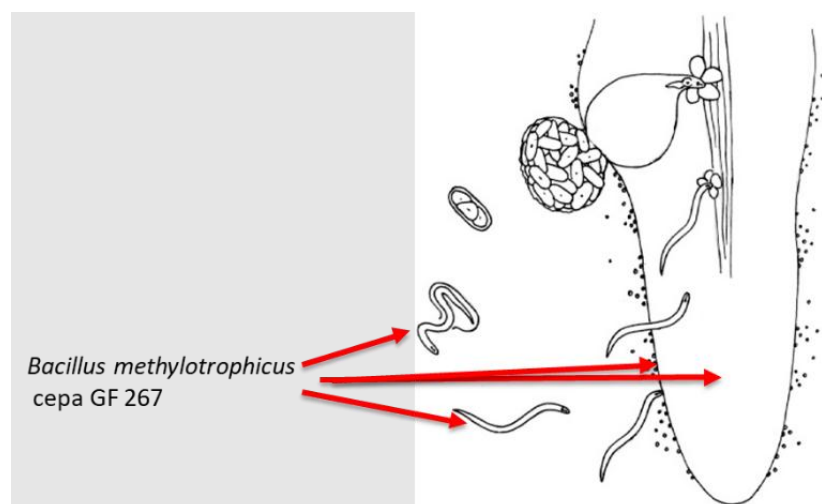


Figura 1. Modo de acción de LALNIX ONIX en las raíces del banano

De las 170,000 has que hay cultivadas en el Ecuador con Banano, “se registra un mercado de importación con productos nematicidas que atienden solo a 40000 has, para recibir tratamiento de control sobre esta plaga tan destructiva” (J. Caripe, Gerente técnico, Mercadeo y Desarrollo, Interoc S.A. Ecuador, comunicación personal, 17 de noviembre de 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron ensayos en dos fases, fase 1 de “Escalera de valor comercial” y la fase 2 “Demostraciones comerciales”.

Fase 1. La escalera de valor se llevó a cabo en una finca establecida de Banano convencional con variedad Willian, en la zona de Quevedo provincia de Los Ríos-Ecuador. Se establecieron en campo la distribución de todos los tratamientos (Cuadro 1) en un área de 1 ha por tratamiento con un diseño estadístico de GPSR (Grandes Parcelas Sin Repetición), con 8 unidades de muestreo por cada tratamiento y 5 plantas por cada unidad de muestreo.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la escalera de valor comercial

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis/ha
Verango	Fluopyram	1 litro
Counter	Terbufos	20 gramos por unidad de producción
Mocap	Ethoprofos	20 gramos por unidad de producción
Solvigo	Tiametoxan+Abamectina	2 litros
LALNIX ONIX	<i>Bacillus methilotrophicus</i>	2 litros

El día de aplicación de los tratamientos se marcaron plantas que recién había sido cosechado el padre, para darle seguimiento a su desarrollo y poder evaluar las semanas a floración y el rendimiento de producción de cada tratamiento, con el objetivo de medir la respuesta de la aplicación de los nematicidas químicos y biológicos y su aporte a la productividad del cultivo de Banano.

Fase 2. Se efectuaron ensayos de demostraciones comerciales en 14 fincas distribuidas en cada una de las zonas bananeras del Ecuador (Norte, Centro y Sur) con diferentes condiciones de clima y de características de suelo, para poder medir el desempeño de LALNIX ONIX en diferentes escenarios, frente a un Testigo Absoluto sin ninguna aplicación. Se realizó todas las demostraciones comerciales en GPSR (Grandes Parcelas Sin Repetición), los tratamientos se distribuyeron en un área de 3 has por tratamiento, con 4 unidades de muestreo (u.m.) por cada uno y se muestrearon 5 plantas por cada u.m. El objetivo de estas demostraciones comerciales es medir la respuesta de la aplicación del nematicida biológico LALNIX ONIX en el control de las poblaciones de nematodos por cada género y obtener así sanidad radicular en el cultivo de Banano. En las dos fases del estudio, se muestreó en 4 momentos y se analizó en laboratorio las muestras de raíces para medir la sanidad de las mismas y la población de nematodos por cada género. Los momentos de evaluación fueron 15 días antes de la aplicación de los tratamientos (ADA), 30 días después de la aplicación (30DDA), 60 días después de la aplicación (60DDA) y la última evaluación a los 90 días después de la aplicación (90DDA).

Variables analizadas. Población total de nemátodos, ratio, semanas a floración, semanas a la cosecha, número de manos, número de cajas/ha/año y peso de la fruta. Las variables de la planta en cada momento de evaluación o de cosecha (producción), se analizaron vía paramétrica, empleando el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey, una vez verificado el cumplimiento de los supuestos; en las cuales éstos no

se cumplieron, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y su respectiva prueba de comparaciones múltiples, para contrastar entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p\text{-valor} = 0.0729 < \alpha = 0.10$) en los 90 días después de la aplicación de los tratamientos (90DDA), se puede notar en la Figura 2 que, todos los tratamientos químicos y el biológicos han reducido las poblaciones totales de nematodos a diferencia del Testigo absoluto, donde creció la población inicial de nematodos. El tratamiento con LALNIX ONIX, presenta una menor población total de nematodos (1500) y se diferencia estadísticamente de los testigos comerciales (productos químicos) y del testigo absoluto.

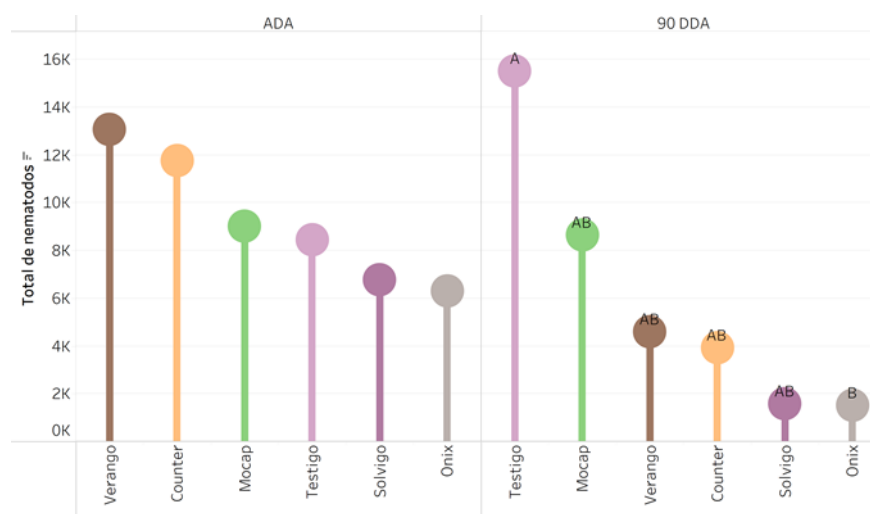


Figura 2. Población total de nematodos antes de la aplicación de los tratamientos y a los 90 días después de la aplicación.

Al comparar la población promedio de nematodos totales en los diferentes momentos de evaluación de los tratamientos químicos, LALNIX ONIX y el testigo absoluto, se puede notar en la Figura 3 que, los tratamientos químicos presentan una población total promedio mayor al tratamiento LALNIX ONIX.

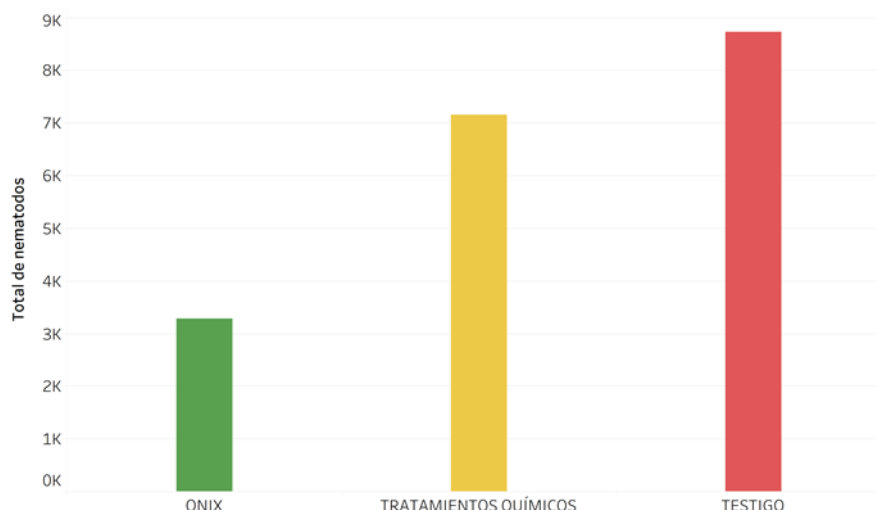


Figura 3. Contraste de población total de nematodos promedios en los momentos evaluados entre el LALNIX ONIX y los tratamientos comerciales (químicos) y el testigo absoluto.

En la Figura 4, se presentan los resultados de variables de cosecha, y se puede observar que estadísticamente hay diferencias entre los tratamientos para cada una de las variables. En cuanto al ratio ($p\text{-valor} = 0.0610 < \alpha = 0.10$), Mocap exhibe el mayor ratio y LALNIX ONIX, aunque estadísticamente es diferente al Mocap, presentó un ratio promedio muy cercano. En promedio el Counter mostró 20 semanas a floración ($p\text{-valor} = 0.0001 < \alpha = 0.10$), con una diferencia de 3 semanas menos respecto al testigo absoluto, LALNIX ONIX difiere con 2 semanas menos que el testigo absoluto. En cuanto a la edad a la cosecha, puede notarse que todos los tratamientos difieren estadísticamente del testigo absoluto ($p\text{-valor} = 0.0662 < \alpha = 0.10$), aunque en promedio todos sean similares.

Respecto a las variables de rendimiento, se encontraron diferencias estadísticas solo para el número de manos ($p\text{-valor} = 0.0730 < \alpha = 0.10$), en la Figura 5 se puede destacar que con LALNIX ONIX, se obtuvo el mayor número de manos. En cuanto al número de cajas/ha/año, estadísticamente no se evidenciaron diferencias ($p\text{-valor} = 0.2344 > \alpha = 0.10$), sin embargo, se puede notar que, respecto al testigo absoluto, Mocap produce 552 cajas/ha/año más y LALNIX ONIX 509 más que el testigo.

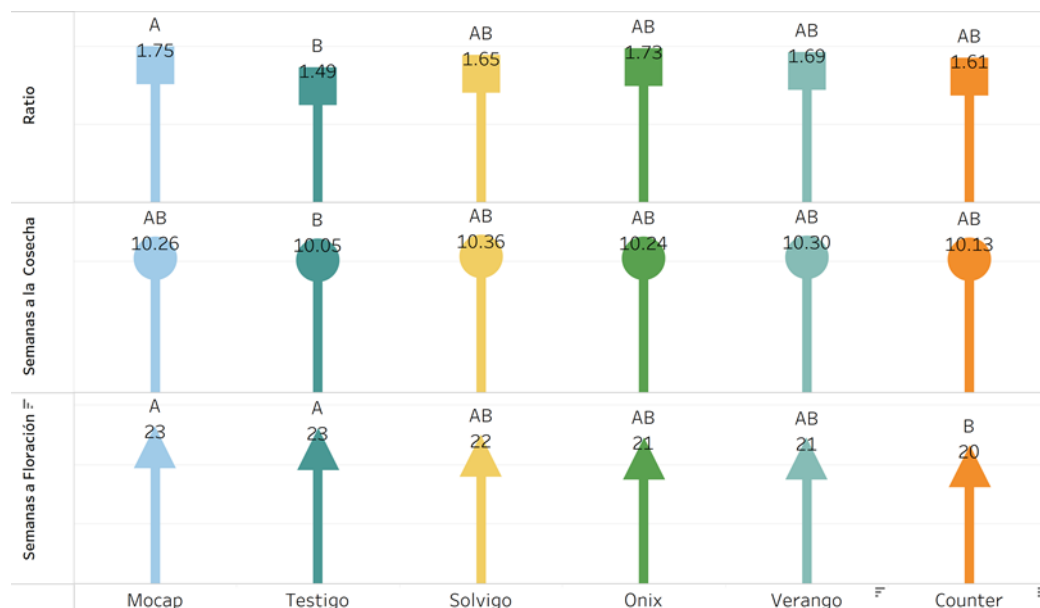


Figura 4. Variables de floración y cosecha.

Se observó en esta investigación que, todos los tratamientos evaluados para el control de las poblaciones de nematodos generan incremento en la producción de banano, obteniendo entre el 10 al 18% de productividad respecto al testigo absoluto. Se puede mejorar la sanidad de las raíces de las plantas reduciendo la población total de nematodos, lo que se traduce en mayores rendimientos del cultivo por ha. Esto coincide con el trabajo de Chávez-Velazco, Solórzano-Figueroa & Araya-Vargas (2009), quienes confirmaron que hay correlación significativa entre peso de raíz total ($r=0,86$; $p\text{-valor}=0,0287$) y el número de nematodos totales ($r=0,89$; $p\text{-valor}=0,0156$) con el número de manos por racimo. Por lo antes expuesto, se puede concluir que la sanidad radicular es directamente proporcional al rendimiento del cultivo.

La Figura 6, resume los resultados de las demostraciones comerciales de LALNIX ONIX en las 14 fincas productoras de banano seleccionadas. Aunque se encontraron diferencias estadísticas entre las fincas, se puede resaltar que, en general, en todas las fincas y zonas del país en las cuales se realizaron los ensayos, el LALNIX ONIX redujo significativamente la población total de todos los géneros de nematodos respecto al testigo absoluto.

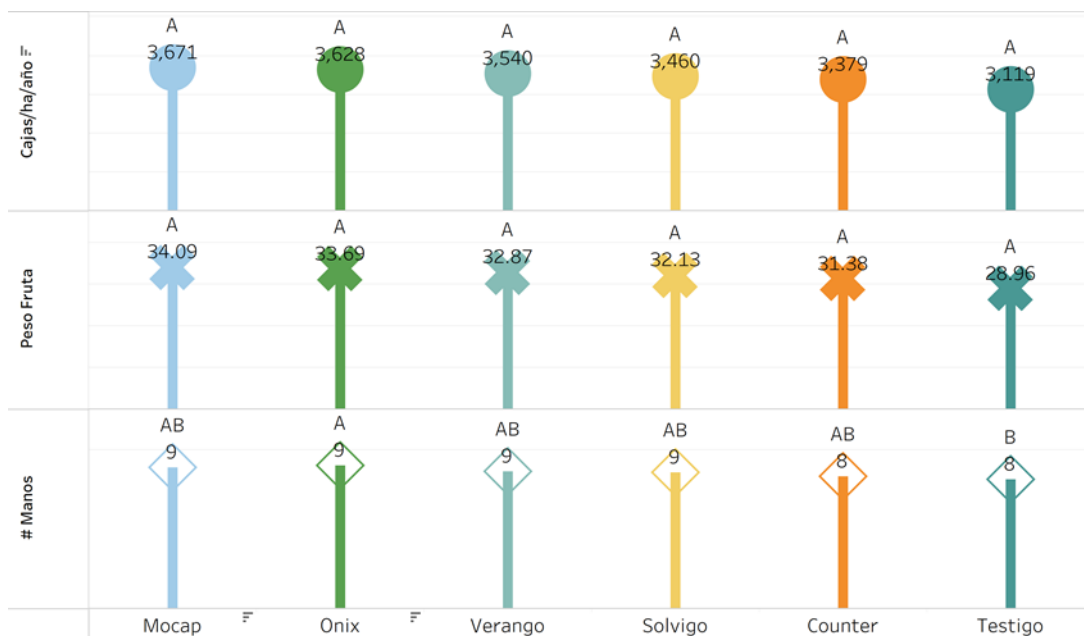


Figura 5. Variables de producción

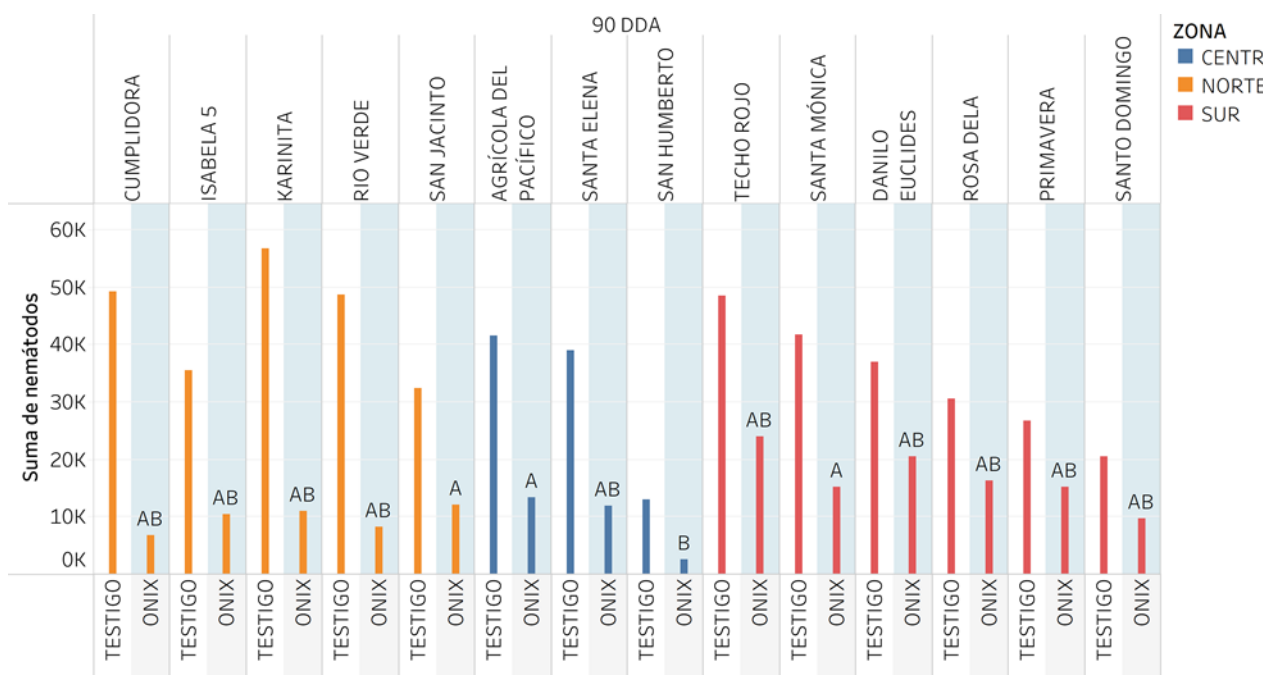


Figura 6. Población total de nemátodos a los 90 días después de la aplicación en cada una de las fincas.

El cultivo de Banano está desarrollado como un monocultivo, en algunos casos con una sobreexplotación de los suelos por un mal manejo de los mismos, esto genera problemáticas como la compactación o baja tasa de infiltración del agua lo que conlleva a la reducción de la flora microbiana del suelo en especial la parte benéfica.

En el trayecto de esta investigación y con base en la experiencia, se ha podido determinar que existe una serie de elementos y prácticas que se deben considerar para coadyuvar en la sanidad radicular con el control de nematodos, éstos se pueden resumir en:

1. Manejo de población y selección adecuada de las futuras generaciones de plantas.
2. Diagnóstico de raíces periódicamente para evaluar la sanidad radicular y la población de nematodos
3. Manejo integrado del cultivo, para mejorar las condiciones físicas y microbiana del suelo.

CONCLUSIONES

El uso de nematicidas es una herramienta fundamental para obtener una buena sanidad radicular e incrementar los niveles de producción del cultivo, como se pudo evidenciar en esta investigación, ya que todos los productos tanto de síntesis química como el LALNIX ONIX de fuente biológica, reportaron entre el 10 y 18% de incremento de producción en las condiciones experimentales frente al testigo absoluto.

Se puede emplear *Bacillus methylothrophicus* GF 267 (LALNIX ONIX) en el control de nematodos en banano, ya que mostró mayor control de nematodos totales respecto a los productos químicos empleados en el mercado o al testigo absoluto.

Las demostraciones comerciales revelaron un buen control de las poblaciones totales de nematodos con el tratamiento de LALNIX ONIX, en diferentes condiciones climáticas y diferentes tipos de suelo frente al testigo absoluto.

Se recomienda realizar muestreo de raíces y su análisis en laboratorio periódicamente para poder usar la herramienta de nematicidas de forma adecuada y oportuna, para obtener los mejores resultados de control sobre las poblaciones de nematodos y por ende tener mayores producciones del cultivo.

REFERENCIAS

1. Acosta, Mauricio J. 2021. Efecto de dos nematicidas para el control de nemátodos en dos variedades de banano: Cavendish y Gran Enano. Trabajo de grado. Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador. 56 p.
2. Agrocalidad. 2023. https://www.agrocalidad.gob.ec/BPA/?dt_portfolios=banano. Consulta el 10 de noviembre de 2023.
3. Chávez-Velazco, C., Solórzano-Figueroa, F., & Araya-Vargas, M. 2009. Relación entre nematodos y la productividad del banano (Musa AAA) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 351–360. <https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4951>
4. Espinoza, A. 2017. Extractos botánicos con potencial aplicación en el control de nemátodos en el cultivo de banano. Tesis de grado. Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11345>
5. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 2023. <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>. Consulta el 10 de noviembre de 2023.
6. Medina, R. 2022. Manejo integrado del nematodo (*Radopholus similis*) en el cultivo de banano (Musa AAA). Trabajo de grado. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. 19 p.
7. Miranda, F., Garzón, V., Carvajal, H. & Rentería, J. 2022. Análisis de la producción y exportaciones del sector bananero ecuatoriano en el periodo 2010 – 2020. *Pol. Con.* Vol. 7, No 8, pp. 650-664.