



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR  
DE LOS REYES

## MAESTRÍA EN AGROBIOTECNOLOGÍA

ESTABLECIMIENTO DE CUATRO MATERIALES DE SIEMBRA PARA  
EL CONTROL DE NEMATODO (*Radopholus similis*) Y PICUDO  
NEGRO (*Cosmopolites sordidus*) CON PRODUCTOS SINTÉTICOS  
Y BIOLÓGICOS EN *Musa cavendish* AAA

# TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRO(A) EN AGROBIOTECNOLOGÍA**

PRESENTA:

ING. NABORINA GORROSQUIETA ZUÑIGA

DIRECTOR(A) DE TESIS:

DRA. MARIA DE LOURDES VELAZQUEZ HERNANDEZ

CODIRECTOR(A) DE TESIS:

DR. ALEJANDRO ROMERO BAUTISTA

Los Reyes de Salgado, Michoacán, mayo, 2026



La presente tesis, titulada: establecimiento de cuatro materiales de siembra para el control de nematodo (*Radopholus similis*) y picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) con productos sintéticos y biológicos en *musa cavendish AAA* realizada por la alumna: Naborina Gorrosquieta Zuñiga, bajo en dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN AGROBIOTECNOLOGÍA**

**CONSEJO PARTICULAR:**

DIRECTOR DE TESIS.: \_\_\_\_\_

**D.C. María de Lourdes Velázquez Hernández**

CODIRECTOR: \_\_\_\_\_

**D. C. Alejandro Romero Bautista**

ASESOR 1: \_\_\_\_\_

**M. C. Gamaliel Valdivia Rojas**

ASESOR 2: \_\_\_\_\_

**M. C. Pedro Sandoval Estrada**

Los Reyes de Salgado, Michoacán, a 1 de junio de 2026

### **Sintesis curricular**

Naborina Gorrosquieta Zuñiga es originaria de El Zapote de Huitzataro, Zirandaro, Guerrero, nació el 12 de julio de 1996. En Agosto del 2014 ingreso al Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, en Morelia, Michoacán y egreso con el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia, en el 2019. De mayo 2020 a junio 2021 laboró en la empresa de Camelia Garcia Guzman, ubicada en Antunez, Paracuaro, Michoacán. Del 2021 al 2023 laboró en insumos y servicios agrícolas de Acalpican S.A. de C.V. ubicada en Acalpican de Morelos, Lázaro Cardenas, Michoacán. Realizo la Maestria en Agrobiotecnología en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Michoacán, desde 2022 hasta en 2024. Durante el periodo en que se curso sus estudios de posgrado participo en la presentacion del póster en el XXVI Congreso Internacional y Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C y 1er encuentro Nacional de Estudiantes de postgrado en salud de plantas. El estudiante agresa con un promedio de 98.0

## AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero agradecer profundamente al Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes y al departamento de Posgrado por abrirme las puertas del conocimiento y enriquecer mi parte académica para ser mejor profesionista día con día.

Extiendo mi gratitud a la Dra. Maria de Lourdes Velazquez Hernandez por compartir su conocimiento, apoyo incondicional y paciencia para que pudiera concluir esta etapa en mi vida, al igual a mis asesores Mtro. Gamaliel Valdivia Rojas y Mtro. Pedro Sandoval Estrada, por su ayuda académica brindándome parte de sus conocimientos.

## DEDICATORIA

A Dios y la virgen por darme de oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida y por mantenerme de pie a pesar de los obstaculos.

A mi esposo e hija por ser mi inspiracion de superarme dia a dia, su apoyo incondicional, paciente y mucho amor para que esto fuera posible y poder lograr una meta mas en mi vida.

A mi mamá que desde el cielo ella me da la fuerza de no rendirme y que cada dia sea mejor persona como ella me lo enseñó en vida.

A mi papá por siempre estar presente y ser parte de mi fuerza de seguir aprendiendo día con día.



## ÍNDICE

|    |                                                          |    |
|----|----------------------------------------------------------|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN .....                                       | 1  |
| 2. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                          | 2  |
| 3. | JUSTIFICACIÓN .....                                      | 3  |
|    | HIPÓTESIS .....                                          | 3  |
|    | OBJETIVOS .....                                          | 4  |
|    | <b>Objetivo general</b> .....                            | 4  |
|    | <b>Objetivos específicos</b> .....                       | 4  |
| 4. | MARCO TEÓRICO .....                                      | 5  |
|    | <b>4.1 Planta de Banano</b> .....                        | 5  |
|    | <b>4.2 Descripción botánica del banano</b> .....         | 7  |
|    | <b>4.3 Condiciones agroclimáticas</b> .....              | 8  |
|    | <b>4.4 Propagación del banano</b> .....                  | 9  |
|    | <b>4.5 Plagas y enfermedades</b> .....                   | 9  |
|    | <b>4.6 Control</b> .....                                 | 12 |
|    | <b>4.7 Estudios previos</b> .....                        | 14 |
| 5  | MATERIALES Y MÉTODOS .....                               | 16 |
|    | <b>5.1 Localización y material experimental</b> .....    | 16 |
|    | <b>5.2 Diseño del experimento</b> .....                  | 16 |
|    | <b>5.3 Conducción del trabajo</b> .....                  | 18 |
| 6. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                             | 23 |
|    | <b>6.1 Mortalidad de los materiales de siembra</b> ..... | 23 |
|    | <b>6.3 Vigor y altura de la planta</b> .....             | 25 |
|    | <b>6.4 Periodo de retorno</b> .....                      | 27 |
|    | <b>6.5 Vigor de las plantas a parición</b> .....         | 28 |
| 7. | CONCLUSIÓN .....                                         | 36 |
| 8. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                         | 37 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Valor de la producción mundial.....                                                                                     | 6  |
| <b>Figura 2.</b> Producción nacional en toneladas.....                                                                                   | 6  |
| <b>Figura 3.</b> Ciclo de vida del picudo negro.....                                                                                     | 11 |
| <b>Figura 4.</b> Ciclo del nematodo <i>Radopholus similis</i> .....                                                                      | 12 |
| <b>Figura 5.</b> Ubicación geográfica de la parcela donde se realizará el experimento...                                                 | 16 |
| <b>Figura 6.</b> Croquis de los 72 tratamientos.....                                                                                     | 18 |
| <b>Figura 7.</b> Planta in vitro de plátano del laboratorio in vitro cultivos de tejido.....                                             | 19 |
| <b>Figura 8.</b> Material de siembra. A) planta in vitro, B) planta vivero, C) planta de corno o cabeza y D) planta de hijo espada. .... | 23 |
| <b>Figura 9.</b> Peso de raíz funcional en plantas de los diferentes materiales de siembra.....                                          | 24 |
| <b>Figura 10.</b> Raíz de cada material de siembra con tres meses de trasplante.....                                                     | 24 |
| <b>Figura 11.</b> Raíz de cada material de siembra con seis meses de trasplante.....                                                     | 25 |
| <b>Figura 12.</b> Altura y vigor de las plantas de <i>mussa Cavendish</i> AAA de la planta madre.....                                    | 26 |
| <b>Figura 13.</b> Mediciones de altura y vigor.....                                                                                      | 26 |
| <b>Figura 14.</b> Altura de los hijos a tiempo de parición.....                                                                          | 28 |
| <b>Figura 15.</b> Medición de la altura de los hijuelos en planta madre en parición.....                                                 | 28 |
| <b>Figura 16.</b> Vigor de la planta madre, hijos y nietos al tiempo de parición .....                                                   | 29 |
| <b>Figura 17.</b> Plantas del experimento.....                                                                                           | 30 |
| <b>Figura 18.</b> Tiempo transcurrido del trasplante a primera aparición en los cuatro materiales de siembra.....                        | 31 |
| <b>Figura 19.</b> Planta en parición.....                                                                                                | 31 |
| <b>Figura 20.</b> Numero de manos por diferentes materiales de siembra.....                                                              | 32 |
| <b>Figura 21.</b> Peso de racimo en los diferentes materiales de siembra.....                                                            | 33 |
| <b>Figura 22.</b> Diámetro (cm) del banano de los diferentes tratamientos.....                                                           | 34 |
| <b>Figura 23.</b> Proceso de amacerado de la raíz.....                                                                                   | 34 |
| <b>Figura 24.</b> Morfología del nematodo.....                                                                                           | 34 |

**Figura 25.** Fragmentos amplificados de ADN de nematodos extraídos de raíces de banano de región ITS1 rDNA. 1) Marcador de tamaño molecular 1kb, 2) nematodo de hijuelo 1, 3) nematodo de hijuelo 2, 4) nematodo de in vitro 1, 5) nematodo de corno 1, 6) nematodo de in vitro y 7) nematodo de corno 2..... 35

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Taxonomía del plátano.....                                                                | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Taxonomía del <i>Cosmopolites sordidus</i> .....                                          | 10 |
| <b>Tabla 3.</b> Taxonomía del <i>Radapholus similis</i> .....                                             | 11 |
| <b>Tabla 4.</b> Tratamientos con las dosis diferentes del producto aplicado y el material de siembra..... | 17 |

## RESUMEN

El plátano (*Musa cavendish* AAA) es actualmente la fruta tropical más cultivada en nuestro país, con una producción anual de más de 2 millones de toneladas. En la producción de plátanos se menciona dos plagas más importantes, el nematodo barrenador (*Radopholus similis*) y el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), las cuales representan un porcentaje importante para la producción y rentabilidad del cultivo. En el cual se realizó una evaluación del efecto de productos sintéticos y biológicos, para el control de nematodo (*R. similis*) y picudo negro (*C. sordidus*) en cuatro diferentes materiales de siembra de *Musa canvendish* AAA. En la presente investigación se establecieron cuatro materiales de siembra (*in vitro*, vivero, cormo y espada), donde se aplicaron tres productos con dos dosis diferentes (oxamil 24 %, 3.785 L y 3 L; *Paecilomyces lilacinus* 3.4 %, *Bacillus firmus* 2.6 %, 1 kg y 750 g; y *Beauveria bassiana* 1.4 %, 700 g y 500 g; oxamil 24 %, 3 L y 2 L, y *P. lilacinus* 3.4 %, *Bacillus firmus* 2.6 %, 700 g y 500 g). Se estableció en un diseño experimental de parcelas divididas, con aplicaciones cada tres y seis meses, se recolectaron datos de mortalidad de plantas, peso de raíz, altura, vigor, periodo de retorno y peso de racimos. Los resultados se evaluaron en un análisis de varianza y prueba de comparación de media por el método Tukey ( $p \leq 0.05$ ), las cuales no se mostraron diferencias significativas, sin embargo, cabe mencionar que el periodo de retorno de los diferentes materiales de siembra influyó en la producción anual ya que la planta de vivero se desarrollaron tres generaciones (planta madre, planta hijo y planta nieto) y la variable del peso del racimo fue significativamente mayor el tratamiento de oxamil 24% a 3 litros reportando un peso promedio de 29.1 kg y el material de siembra *in vitro* obteniendo 27.6 kg y la planta espada fue la de menor peso con 23.6 kg. El tratamiento que obtuvo mayor control del nematodo barrenador (*R. similis*) y picudo negro (*C. sordidus*) fue la combinación de los ingredientes del oxamil 24 % a 2 L cada seis meses y 1 kg de *P. lilanus* 3.4 % y *B. firmus* 2.6 % cada tres meses en el material de siembra de planta de vivero, ya que se recolectaron las muestras con mayor cantidad de raíz funcional obteniendo un aumento promedio de 74.8 g en tres meses.

## ABSTRACT

The banana (*Musa cavendish* AAA) is currently the most cultivated tropical fruit in our country, with an annual production of more than 2 million. In banana production, two major pests are mentioned, the burrowing nematode (*Radopholus similis*) and the black weevil (*Cosmopolites sordidus*), which represent a significant percentage in the production and profitability of the crop. In this, an evaluation of the effect of synthetic and biological products was carried out for the control of the nematode (*R. similis*) and black weevil (*C. sordidus*) in four different planting materials of *Musa cavendish* AAA. In the present research, four planting materials (*in vitro*, nursery, corm, and sword) were established, where three products were applied at two different doses. (oxamyl 24%, 3.785 L and 3 L; *Paecilomyces lilacinus* 3.4%, *Bacillus firmus* 2.6%, 1 kg and 750 g; and *Beauveria bassiana* 1.4%, 700 g and 500 g; oxamyl 24%, 3 L and 2 L, and *P. lilacinus* 3.4%, *Bacillus firmus* 2.6%, 700 g and 500 g). It was established in a split-plot experimental design, with applications every three and six months. Data on plant mortality, root weight, height, vigor, return period, and bunch weight were collected. The results were evaluated using analysis of variance and mean comparison test by the Tukey method ( $p=0.05$ ), which showed no significant difference. However, it is worth mentioning that the return period of the different planting materials influenced annual production since the nursery plant developed three generations (mother plant, daughter plant, and granddaughter plant), and the variable of bunch weight was significantly higher in the treatment of oxamyl 24% oxamyl at 3 liters, reporting an average weight of 29.1 kg. and the *in vitro* planting material obtained 27.6 kg, and the sword plant was the one with the lowest weight at 23.6 kg. The treatment that achieved the greatest control of the burrowing nematode (*R. similis*) and black weevil (*C. sordidus*) was the combination of oxamyl 24% at 2 L every six months and 1 kg of *P. lilianus* 3.4% and *B. firmus* 2.6% every three months in the nursery plant material, as the samples with the highest amount of functional root were collected, obtaining an average increase of 74.8 g in three months.



## 1. INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa cavendish* AAA) en la actualidad es una de las frutas que más se cultiva en el país, obteniendo producciones de más de 2 millones de toneladas anuales y en términos globales es la cuarta fruta más importante según reportes de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2020).

Según los datos obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera en 2021 la producción reportada es de dos millones 405 mil toneladas, las cuales se sembraron en 16 entidades del país con una superficie de 80 mil 519 hectáreas, satisfaciendo las necesidades de los mexicanos en su totalidad de la demanda per cápita estimado en 14.4 kilogramos al año de plátano en el mercado nacional (Servicio Nacional de Sanidad, 2021).

En Michoacán con 5,649 hectáreas sembradas, la mayor superficie de plantación se encuentra en el municipio de Coahuayana con 4,603 hectáreas, segundo Apatzingán con 743 ha y Lázaro Cárdenas con 235 ha (SIAP, 2022).

En la producción de plátanos se menciona que unas de las plagas que mayores pérdidas les ocasiona es el nematodo barrenador del género *Radopholus similis* y el picudo negro *Cosmopolites sordidus*, diferentes autores mencionan los daños que causa en su presencia en el cultivo del banano.

En el 2011, Volcy menciona que el nematodo *R. similis* afecta más de 250 especies de plantas, señalando que en los trópicos es un paracito de los 10 más importantes según reportes. Los efectos que manifiesta en la planta para la producción y su distribución mundial, el nematodo es considerado la principal especie en el cultivo del banano y plátano (Araya, M. 2003).

El *C. sordidus* es la plaga más importante del banano, registrando perdidas mayores al 40% en el cultivo, su principal medio de diseminación ocurre principalmente por medio del material vegetativo infestado (Messiaen, 2000). La larva es el causante del principal daño en la raíz, ya que se alimenta del rizoma, produciendo perforaciones que desintegran el área radicular, haciéndola débil de tal manera que pueden desplomarse fácilmente. Las galerías producidas en el cormo, facilita a los microorganismos entren

en ella, causando pudriciones y estimulando la devastación del banano (Collinsp, *et al.* 1991)

El experimento sugerido plantea el establecimiento de cuatro materiales de siembra como son la plántula *in vitro*, plántula de vivero, cormos e hijuelos de espada previamente desinfectados, la aplicación de dos dosis diferentes de tres productos para el control eficaz de *Radopholus similis* y *Cosmopolites sordidus*, el primero con productos sintéticos específicos, el segundo con productos biológicos y el tercero es la combinación de ambos, con la finalidad de evitar la diseminación y propagación de enfermedades y obtener mayor calidad y producción.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los últimos años la producción del plátano va en aumento y el 80% de productores del estado utilizan la forma tradicional para el establecimiento de nuevos huertos como es la “Semilla” que se refieren a los cormos o cabezas de huertos abandonados o deteriorados, estas “semillas” están infectadas en su mayoría por dos plagas muy importantes a nivel mundial siendo el picudo negro y nematodo barrenador, ya que se realiza la siembra directa de los huertos sin un manejo previo de desinfección aumentando la probabilidad de transmitir cualquier tipo de enfermedades de alto riesgo, consideradas terminales y que representan un grave problema mundial (*Fusarium oxysporum* R4). Sin embargo, muchos productores carecen de equipamiento y asistencia técnica especializada para incrementar los rendimientos y mejor calidad del producto.

Por lo anterior, la investigación toma como punto de partida los hechos registrados en los últimos años es importante explorar algunas técnicas de manejo, que permita determinar el establecimiento de diferentes materiales de siembra como son los cormos o cabeza, hijos espadas, planta de vivero y planta *in vitro* con el tratamiento de producto sintético, biológico y la combinación de ambos para el control de *Cosmopolites sordidus* y *Radopholus similis*.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La producción de musáceas a nivel mundial en su mayoría es de manera tradicional, por lo que es necesario implementar técnicas y paquetes tecnológicos adecuados a cada zona de producción, que permitan a los productores dar una solución a la problemática con técnicas de producción adecuadas a cada zona, generando una mejor expectativa y aumentar su calidad de vida. Estableciendo programas, pláticas y actividades medibles para determinar la rentabilidad y remuneración económica. Así, como la aplicación de productos biológicos y labores culturales específicas en el cultivo, que nos permitan disminuir las aplicaciones de productos sintéticos que impactan de manera negativa contra el medio ambiente. Creando conciencia en los productores por medio de esta investigación una vez obtenidos los resultados, transmitiéndolos a los grupos de productores de las diferentes zonas.

#### **Hipótesis**

La aplicación de productos sintéticos, biológicos y su combinación en dos dosis diferentes difiere significativamente en su eficacia para el control de *Radopholus similis* y *Cosmopolites sordidus* en cuatro materiales de siembra de *Musa cavendish* AAA, con efecto directo sobre su rendimiento productivo.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto de productos sintéticos, biológicos y la combinación de ambos con dos dosis diferentes, para el control de *Radopholus similis* y *Cosmopolites sordidus* en cuatro diferentes materiales de siembra de *Musa cavendish* AAA.

### **Objetivos específicos**

- Identificar el material de siembra con menor incidencia a nematodo barrenador y picudo negro.
- Evaluar el control eficaz para disminuir la incidencia de nematodo y picudo negro para aumentar la producción de *Musa cavendish* AAA en la región pacífico centro.
- Registrar la cantidad de raíz sana y funcional con menor daño por nematodo barrenador en los diferentes materiales de siembra de *Musa cavendish* AAA.
- Determinar el efecto de los cuatro materiales de siembra para un mayor vigor y calidad de planta de *Musa cavendish* AAA.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Planta de Banano

El banano y plátano (*Musa* spp. L.) se ha cultivado aproximadamente por unos 10 000 años, en el siglo VII A.C en Papúa Nueva Guinea se localizaron sus primeras huellas. Es una planta herbácea gigante del grupo de las monocotiledóneas de la familia Musáceas. Existen dos subtipos acuminata (a) y balbisiana (b) de ahí surgen diploides (AA, AB), triploides (AAA, AAB, ABB) y tetraploides (AAAA, AAAB) (Bvlnes, 1943). La taxonomía de *Musa* spp., se presenta en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Taxonomía del plátano (Alcivar, 2015)

|                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| <b>Reino:</b>             | <i>Plantae</i>             |
| <b>División:</b>          | <i>Magnoliophyta</i>       |
| <b>Clase:</b>             | <i>Liliopsida</i>          |
| <b>Orden:</b>             | <i>Zingiberales</i>        |
| <b>Familia:</b>           | <i>Musaceae</i>            |
| <b>Género:</b>            | <i>Musa</i>                |
| <b>Nombre científico:</b> | <i>Musa paradisiaca</i> L. |

El banano se coloca en el cuarto fruto más consumido a nivel mundial, el cual se cultiva principalmente en los países de India, China Continental, China, Indonesia, Ghana y Colombia (**Figura 1**). Sin embargo, México en el 2020 reporta su valor de producción de 398,586 miles US\$ (FAOSTAT, 2022).

A nivel nacional se reporta una producción de 2,405,891.33 toneladas en el año 2021 (SIAP, 2022). Los estados que destacan en la producción de banano es Chiapas (670,289.36 ton), Tabasco (620,975.14 ton), Veracruz (297,656.95 ton), Colima (207,756.23 ton) y Michoacán (177,745.43 ton) (SIAP, 2022, **Figura 2**).

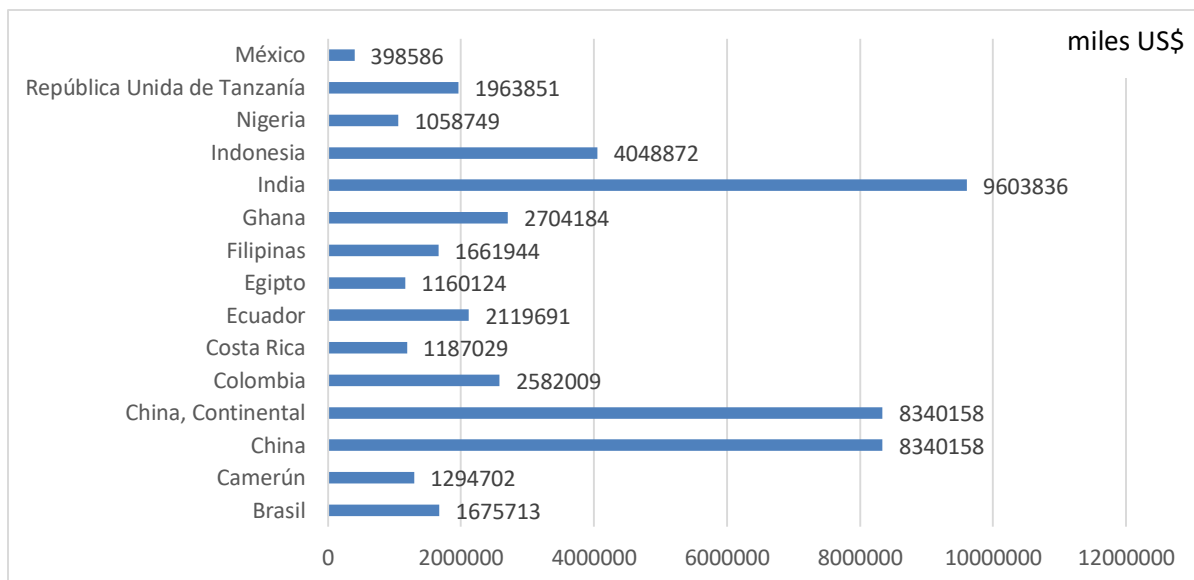


**Figura 1.** Valor de la producción mundial. FAOSTAT, 2022.

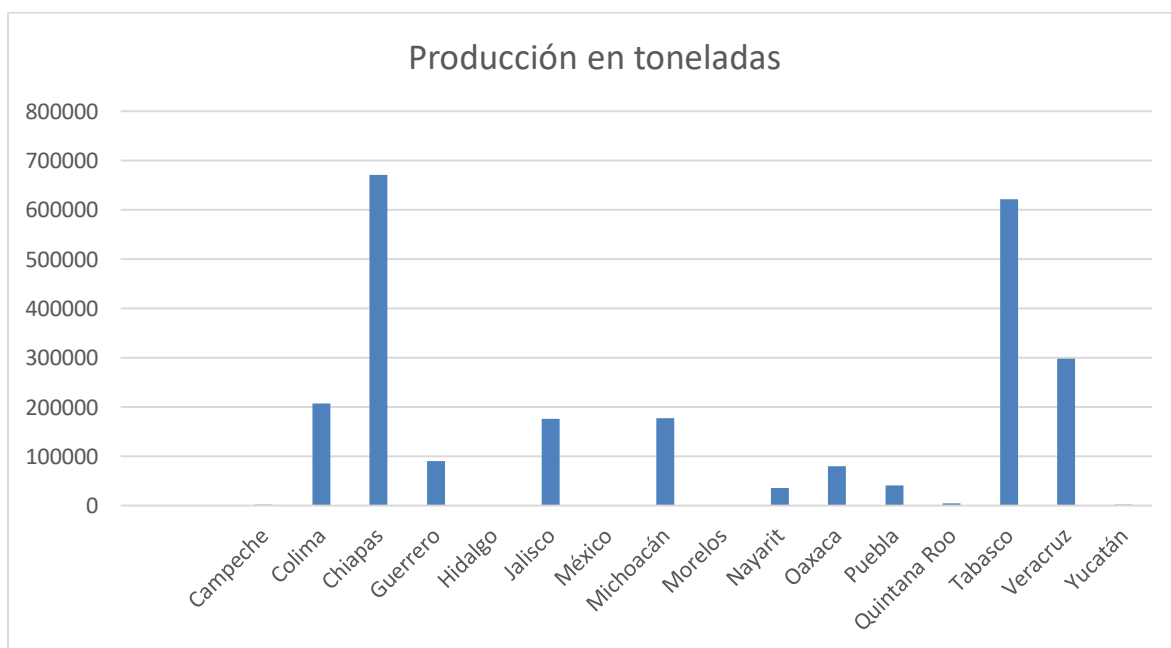


**Figura 2.** Producción nacional en toneladas. SIAP, 2022.

## 4.2 Descripción botánica del banano

El banano es una planta herbácea perenne que llega a medir hasta 6 m de altura y entre sus caracteres botánicos se encuentra: sistema radicular está formada por raíces adventicias, fasciculados y fibrosas, desarrollándose horizontalmente y pueden crecer alrededor del rizoma, la mayor parte se encuentra de los 20 a 60 cm, tiendo un diámetro de 2 a 2.5 mm de grosor y brotan por debajo del meristemo. Su color varía dependiendo la etapa y edad de la planta, al principio es blanco cremoso a pardo amarillenta hasta tomar una coloración castaño oscuro en una edad avanzada (Rojas-Sanabria, *et al*, 2007). El cormo o rizoma se encuentra bajo tierra, se desarrollan yemas vegetativas que brotan de la planta madre y sufren una alteración morfológica y anatómica de los tejidos y al desarrollarse diametralmente conforma el rizoma que puede alcanzar una altura considerable, los cuales son llamados hijos o retoños, que sirven para ir renovando a las plantas que ya han sido cosechados (Rojas-Sanabria, *et al*, 2007).

El pseudotallo es el tronco de la planta del banano, está constituida por las vainas de las hojas superpuestas y muy compactas, se compone principalmente de agua, dando una apariencia muy carnosa, bastante resistente y puede sostener racimos de aproximadamente 50 kg, con una altura de más de dos metros, con aspecto esbelto (Landaverde-Toruño, 2006). Las yemas laterales, renuevos, rebrotes o hijos se forman en los laterales del cormo a partir de los meristemos en forma circular a su periferia. Sus primeras hojas tienen forma de lanza y son angostas, luego se convierten en hojas lisas, tiernas, con el ápice trunco y la base circular. Las plantas normalmente tienen entre 5 a 15 hojas útiles, y siendo 10 hojas la cantidad mínima para estimarla madura, las cuales duran un periodo máximo de 60 días. En el interior del pseudotallo se forma la hoja y brota enrollada en forma de cigarro, volviéndose grandes, midiendo entre 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho (Duque y colaboradores, 2019).

La inflorescencia se origina a partir del meristemo vegetativo del cormo transformado. Este meristemo se desarrolla y se desplaza por el centro del pseudotallo, siendo una alteración que presenta en el exterior con la aparición de la bellota. La bellota desprende unas brácteas una vez que alcanza una maduración fisiológica el fruto. Las flores se establecen en dos filas, creando círculos concéntricos, recubriéndose y protegiéndose con la base de las brácteas. Las flores femeninas y flores masculinas distales se

encuentran en los nódulos basales y las flores hermafroditas se localizan en los nódulos intermedios.

Habitualmente las flores femeninas son de mayor tamaño y posee un ovario desarrollado totalmente y tiene cinco estambres atrofiados; los ovarios se cambian en el banano por la falta de polen, por ser del carácter partenocárpico. Las flores hermafroditas tienen ovarios chicos son los frutos más chicos, malformados y de menor calidad. Las flores masculinas contienen un ovario atrofiado y cinco estambres desarrollados totalmente, pero no logran transformarse en frutos.

El racimo está formado por diferente número de manos, depende de la variedad y las buenas prácticas agronómicas que se realicen en el cultivo durante su producción. Los frutos pueden desarrollarse entre los 75 y 85 días y logran tener un peso mayor de 18 kilogramos. Cuando se cosecha el racimo, el pseudotallo se corta para dar espacio al nuevo hijo de la planta para que se desarrolle completamente. Los frutos son llamados dedos o plátanos que pueden llegar a medir entre 5 o 6 cm de diámetro y 25 cm de largo, son formados por las flores femeninas. Las primeras manos que aparecen frecuentemente tienen mayor número de dedos. Los dedos se cubren de cascara, concha o corteza exterior firme, con un color verde y una vez que va alcanzando su maduración fisiológica torna a color amarillo.

El ciclo completo de la planta tiene una duración de 9 a 10 meses, durante el mismo tiempo se realizan tres fases: vegetativa, reproductiva y productiva. La fase vegetativa se lleva a cabo desde la siembra hasta la diferenciación floral, con una duración de 6 a 7 meses. La fase reproductiva tiene una característica particular que es la diferenciación y formación de flores femeninas y masculinas. La última fase productiva está relacionada con la calidad y rendimiento de la producción (Belalcázar, 1991).

### **4.3 Condiciones agroclimáticas**

Es muy importante saber que el clima influye directamente con el crecimiento y desarrollo del cultivo, por lo cual, cabe resaltar que la altitud es de los 0 y 30 msnm, reportándose hasta 2,200 msnm. Debido a su área fotosintética muestra una demanda mayor de agua debido a la evapotranspiración que está expuesta, dado que el 85-88% aproximadamente del peso del fruto está constituido por agua; requiriendo

aproximadamente de 1,200 a 1,300 m/ha. considerando 100 mm mensuales de lluvia puedan llegar a ser satisfactorios. La temperatura media óptima es de 25 °C y su luminosidad es variada. Los vientos mayores a 20 km/hora no son recomendables. Los suelos favorables son aquellos que tienen buen drenaje y de textura arenosa, por eso se recomienda suelos de formación aluvial, siendo que los valles costeros cumplen con cierta característica, para que tengan buena retención de agua se considera que tengan perfiles arcillosos y limosos, que poseen buena estructura y mayor porosidad para favorecer el desarrollo de la planta, ya que las humedades excesivas tienen efectos secundarios en las raíces (Torres, 2012).

#### **4.4 Propagación del banano**

El banano es una planta que se reproduce de manera vegetativa, existen diferentes tipos de propagación de manera tradicional por cabeza o cormo y propagación de planta *in vitro* (Galan y colaboradores, 2018). Las técnicas de *in vitro* han sido empleadas para una mayor sanidad y multiplicación de la planta, ya que la planta *in vitro* ayuda a obtener planta sin patógenos y disminuir la diseminación de plagas y enfermedades (Daquinta y colaboradores, 2001).

#### **4.5 Plagas y enfermedades**

Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) es un hongo ascomicete de reproducción sexual (ascosporas) y asexual (conidios) (Orozco-Santos y colaboradores, 2012) siendo la principal enfermedad que ataca al cultivo del banano, causando graves problemas en el área foliar el cual repercute en la calidad de planta y fruto, ya que puede llegar a madurar fruto antes de la cosecha. Su periodo de diseminación es corto con temperaturas y alta humedad, germina entre dos a tres horas y penetra entre dos a tres días. Para su control incrementa los costos de producción hasta un 27% (Martínez y colaboradores 2011).

Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*) es una de las principales enfermedades de mayor importancia en las musáceas, reportándose ser de las más agresivas en este género. El patógeno obstruye el sistema vascular de la planta, por el cual bloquea la absorción y translocación de agua y nutrientes, acelerando su muerte (Carr y colaboradores, 2017).

Moko bacteriano es una bacteria *Pseudomonas solanacearum*, actualmente registrada en el género *Ralstonia*, que se disemina de una forma muy fácil, ya sea con materiales mecánicos y material vegetativo, ya que es una bacteria que ataca diferentes plantas. Causa un amarillamiento en la parte interna de la hoja, fruto color negro, deshidratado, y su pulpa en proceso de pudrición seca color café, en el tallo se desarrollan manchas húmedas con olores desagradables (Granada, 1997).

*Erwinia chrysanthemi* es una bacteria que ocasiona la podrición del pseudotallo del banano, este proceso inicia por algún tipo de estrés, causando un estado de descomposición en sus brácteas (Zamorano, 2002).

### **Picudo o gorgojo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*)**

El picudo negro mide aproximadamente 10-15 mm, su taxonomía se muestra en la Tabla 2, se aloja comúnmente entre la hojarasca, en suelo en la base del pseudotallo y materiales del banano. Su ciclo de vida es de 72 a 94 días (Figura 4), en todos sus estadios causan daño (Luciani P. 2017); las larvas realizan galerías en los cormos de la planta, reduciendo así, el desarrollo, cantidad de raíz, poca floración, retorno retrasado, influyendo en el peso del racimo y aumentando la posibilidad de ser atacadas por otras plagas y enfermedades (Zamorano, 2002).

**Tabla 2.** Taxonomía del *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1823).

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| <b>Reino</b>        | <i>Animalia</i>       |
| <b>Filo</b>         | <i>Arthropoda</i>     |
| <b>Clase</b>        | <i>Insecta</i>        |
| <b>Orden</b>        | <i>Coleoptera</i>     |
| <b>Superfamilia</b> | <i>Curculionoidea</i> |
| <b>Familia</b>      | <i>Curculionidae</i>  |
| <b>Subfamilia</b>   | <i>Dryophthorinae</i> |
| <b>Tribu</b>        | <i>Sphenophorini</i>  |
| <b>Genero</b>       | <i>Cosmopolites</i>   |
| <b>Especie</b>      | <i>C. sordidus</i>    |

El picudo negro del banano actúa de manera incomprensible, teniendo actividad nocturna y en el día los adultos se ocultan en la vegetación. Son cautivados a las sustancias volátiles de la planta hospedera (Olivares y Morán, 2020).

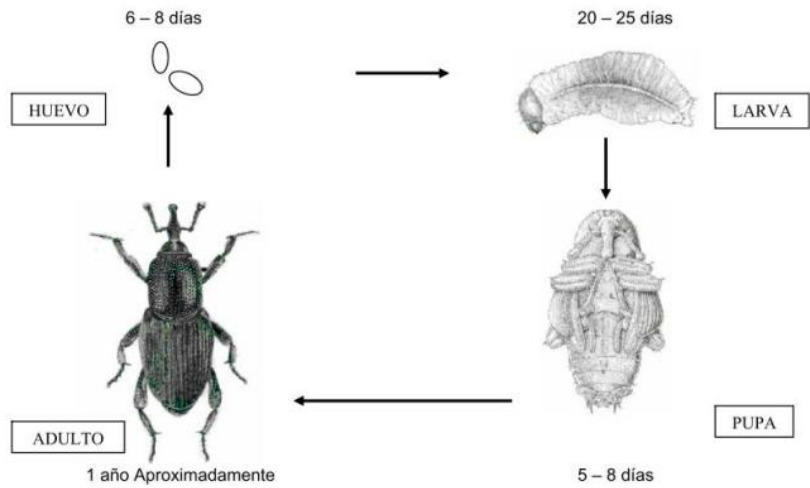


**Figura 3.** Ciclo de vida del picudo negro. Fuente: Ajanel, 2003.

**Nemátodo *Radopholus similis***

El *Radopholus similis* es un nematodo endoparásito migratorio obligado, sus principales hospederos es el banano, cítricos, pimientos, coco entre otros, siendo su principal alimento y desarrollo de la infección es la raíz y cormo de banano y otros tejidos subterráneos. Algunos de sus síntomas es la aceleración de la perdida de hoja, poco vigor, tamaño y peso del fruto, puede llegar a derribar las plantas con el peso del racimo (López y colaboradores, 2021).

En el 2019 Bustamante muestra la taxonomía de *Radopholus similis* (Tabla 3).

**Tabla 3.** Taxonomía de *Radopholus similis* (Bustamante, 2019).

|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| <b>Clase</b>   | <i>Chromadorea</i>    |
| <b>Orden</b>   | <i>Rhabditida</i>     |
| <b>Familia</b> | <i>Pratylenchidae</i> |
| <b>Género</b>  | <i>Radopholus</i>     |
| <b>Especie</b> | <i>R. similis</i>     |

Este nematodo fitoparásito comúnmente se mantiene del área radicular y rizoma del banano, localizándose a una profundidad aproximada de 0 a 15 cm, ocasionando heridas de diferentes tamaños a lo largo de la raíz, teniendo un aspecto de estría de color amarillo hasta obtener el color café oscuro, principalmente las paredes de las células cortinales sufren la penetración de su estilete, alimentándose del citoplasma, las células son destrozadas y el nematodo se mueve de lugar y sus heridas se van uniendo hasta formar las lesiones de las raíces (Medina, 2020). Los estadios que afectan principalmente es el juvenil y hembras adultas, ya que los machos no son parásitos y tienen atrofiado su estilete (Pires y colaboradores, 2022).

El ciclo de vida está conformado por cuatro estadios juveniles (J1, J2, J3, J4) y adulto, los cuales se desarrolla en el interior de la raíz, con una duración de 20-25 días y su reproducción de forma anfimixis (**Figura 4**). Las hembras ovipositan durante varios días, en una sola lesión puede llegar aproximadamente hasta 8 000 nematodos, el cual los huevecillos se incuban, desarrollan y reproducen (Valarezo, 2022). Las hembras miden aproximadamente 500 y 800  $\mu\text{m}$  y un diametro de 24  $\mu\text{m}$ , su forma de reproduccion es sexualmente, aunque tambien utilizan estrategias partegenéticas. Los machos llegan a medir 500 a 700  $\mu\text{m}$ , siendo de menor tamaño que las hembras. Los estados juveniles pueden medir entre los 315 a 400  $\mu\text{m}$  (Guzmán, 2011).

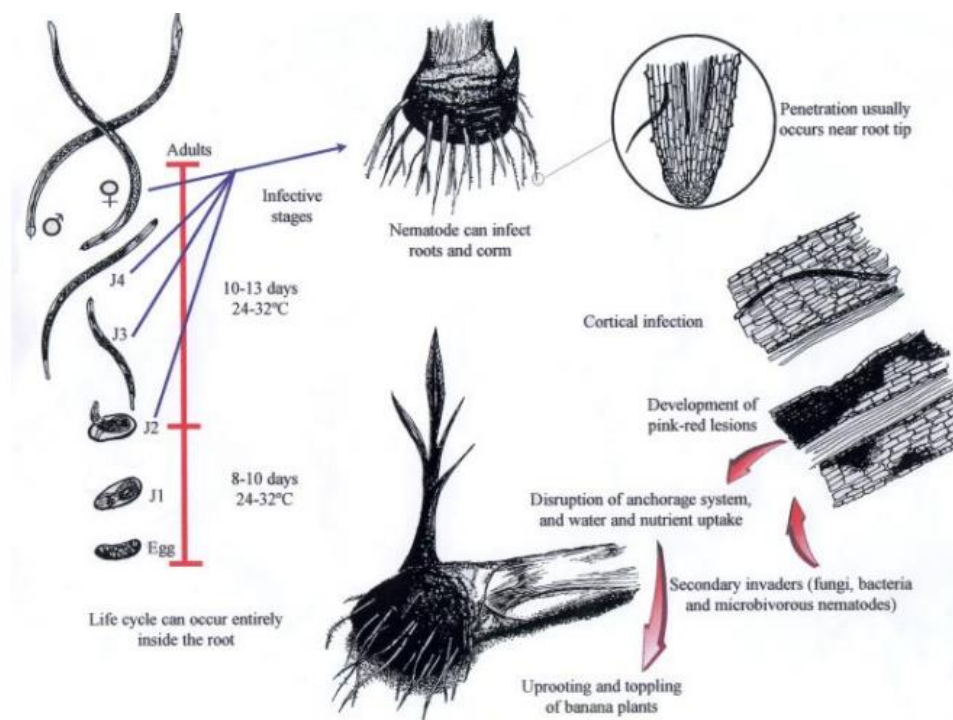


**Figura 4.** Ciclo del nematodo *Radopholus similis*. Fuente: Marin, *et al* 1998

## Control

El control biológico se basa en los enemigos naturales de un patógeno o parásito, para disminuir la incidencia de una enfermedad, tal es el caso de la *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus*.

La *Beauveria bassiana* ha reportado un uso de 33.9%, desarrollándose en el insecto, teniendo como primer contacto la adhesión a la cutícula del insecto por medio de la espora, germinando y formando un apresorio, penetrando la cutícula por la acción compuesta de mecanismos físicos y mecánicos, empieza el desarrollo colateral y penetración en la epidermis. Agrega los hemocitos en el sitio de inserción fúngica, los fagocitos de cuerpos hifales por células fagocitos del insecto se transforman a cuerpos levaduriformes, invade el sistema inmune, se propaga en el hemoceloma, se transforma cuerpo hifal, después esporula, germina traspasando la cutícula del insecto y diseminando las esporas. Algunos metabolitos que se producen en la clasificación no peptídicas de Oospereína, Bassianina, Ácido oxálico, ácido dipicolínico, en las peptídicas cíclicas son la beauvericina, beauverólidos (Vilcinskis, 1999).

La *Paecilomyces lilacinus* es un hongo entomopatógeno, micoparásito, saprófito o nematófago, que se puede localizar en el suelo, usualmente es usado para controlar nematodos del género *Meloidogyne* (Ramírez, 2022), su mecanismo es parasitando los huevos, estados juveniles y adultos. En su primera etapa no libera toxinas, sin embargo, cuando inicia la esporulación se familiariza con los nematodos para comenzar el desarrollo de la infección, una vez localizando las condiciones óptimas empieza la fase de germinación al producir enzimas que degradan la cutícula y se introducen en las partes internas del nematodo. Una vez que penetra al hospedero, el hongo rápidamente se desarrolla liberando metabolitos tóxicos que intoxican al nematodo, afectando su sistema nervioso y causando destrucción en el estilete del nematodo que logra vivir, reduciendo el daño y las poblaciones (Sirias, 2007).

El control químico es la estrategia más utilizada por su eficacia, por su extensa gama de acción, el ingrediente activo del oxamil que pertenece al grupo de los carbamatos sistémicos teniendo actividad insecticida, acaricida y nematicida por medio de la ingesta y contacto. Su modo de acción se impregna en las raíces y hojas, tiene una traslocación acrópeta y basípeta. Obstruye la emisión de las señales nerviosas por inhibición de la colinesterasa (IRAC, por sus siglas en inglés *Insecticide Resistance Action Committee*).

#### 4.6 Estudios previos

Vargas en el 2015, realizó una investigación en Costa Rica, donde se evaluaron diferentes cultivares y materiales de siembra en plátanos del tipo falso cuerno bajo un manejo intensivo de plantación. Con la finalidad de obtener mayor rendimiento del cultivo, las cuales se recolectaron 5 materiales de siembra (cormo, brotes de hijos de agua, plantas *in vitro*, hijos de espada con dos hojas verdaderas e hijos de espada con solo hojas filiformes). Evaluaron en la floración: número de hojas, altura, vigor, número de días desde la siembra; en cosecha: número de hojas, peso del racimo, número de manos y frutos. Dando como resultados en las variables de crecimiento similar entre los tratamientos, destacando solo las primeras emisiones de perillas siendo superior los hijuelos de espada con dos hojas verdaderas. En las variables de producción solo se observó diferencia en la cantidad de hojas, obteniendo mayor cantidad de hojas las plantas de rebrote entero y con menor cantidad de hojas las plantas *in vitro*.

González y colaboradores en el 2009 se dio a conocer una investigación de la granja Montelindo, municipio de Palestina, donde se realizó el manejo de picudos y nematodos fitoparásitos del plátano, se realizó una siembra nueva de cormos de plátano tipo Dominico Hartón, donde se hicieron aplicaciones de Carbofuran (5 ml/l) y Carbendazin (3 ml/l) durante 15 minutos y se trasplanto. Para el caso del picudo se evaluaron cuatro tratamientos en trampas (Furadan3G, *B. bassiana*, *M. anisopliae* y testigo absoluto). Para el nematodo (Carbofuran granular, cepa A de *P. lilacinus*, cepa B de *P. lilacinus* y testigo absoluto). Obteniendo como resultado mayor control de picudo con Carbofurán y *B. bassiana* y en el nematodo los resultados que arrojó fue el carbofurán granular con el mayor control.

En el 2020, Ghahremani y colaboradores realizaron un estudio relacionado con *Bacillus firmus* cepa I-1582, un antagonista de nematodos por sí mismo y a través de la planta, en el cual se evaluaron diferentes temperaturas cardinales para el crecimiento bacteriano y la formación de biopelículas, las bacterias se transformó con proteína verde fluorescente para estudiar su efecto sobre los huevos de nematodos y la colonización de raíces de tomate y pepino, los cuales se obtuvo como resultado que el *Bacillus firmus* I-1582 es un antagonista de nematodos que pueden actuar por sí mismo y a través de la planta por inducción de las defensas de las plantas y puede trabajar desde 15 °C a 45 °C con una temperatura optima de 35 °C.

Huang y colaboradores en el 2021, realizaron una investigación en *Bacillus firmus* I-1582 para promover el crecimiento de las plantas y perjudicarían la infección y el desarrollo del nematodo del quiste *Heterodera schachtii* durante dos generaciones, donde se investigó la influencia de *B. firmus* I-1582 siendo un antagonista de nematodos en general, indagando sobre sus moléculas extracelulares y secretadas en la interacción planta-nematodo utilizando el sistema planta-patógeno (*Arabidopsis thaliana*-*Heterodera schachtii*). Se obtuvieron exudados de la raíz de *A. thaliana* de plantas jóvenes, para su desarrollo requiere de un pH óptimo de 7.5-8, también presenta aumento en la cantidad de raíz y vellos absorbentes, lo cual indica que hace una barrera de protección en la raíz una vez inoculado el *B. firmus*.

De acuerdo con las investigaciones realizadas para el establecimiento de los materiales de siembra y el control de *R. similis* y *C. sordidus* en *Musa cavendish* AAA no se tiene registro una investigación previa, en el cual abre ventanas a dicha investigación.

## 5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización y material experimental

La investigación se realizó en el predio del sr. Omar Aceves Solís localizado en la Loc. Chucutitán Mpio. de Lázaro Cárdenas, Michoacán, geográficamente se localiza entre las coordenadas 18.017425-102.463672 (**Figura 3**). Se encuentra a una altura de 16 metros sobre el nivel del mar, Clima cálido, semicálido y subhúmedo con temperaturas entre 26 °C y 30 °C.

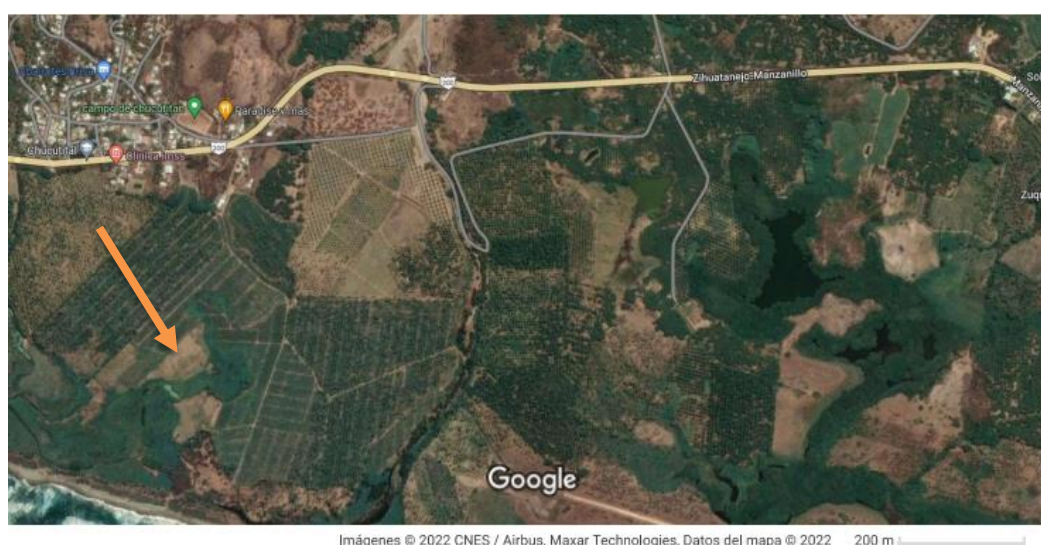


**Figura 5.** Ubicación geográfica de la parcela donde se realizó el experimento. (Google Maps).

### 5.2 Diseño del experimento

Para la conformación de tratamientos se tomó en cuenta dos dosis diferentes dentro de tres tratamientos: control químico con Oxamil 24%, control biológico *Paecilomyces lilacinus* al 3.4% ( $3.0 \times 10^9$  UFC/g) *Bacillus firmus* 2.6 % ( $5.0 \times 10^8$  UFC/g) y *Beauveria Bassiana* 1.4% ( $3 \times 10^9$  conidios/g) y la combinación de Oxamil 24% y con *Paecilomyces lilacinus* al 3.4% ( $3.0 \times 10^9$  UFC/g) *Bacillus firmus* 2.6 % ( $5.0 \times 10^8$  UFC/g); dentro de cada control se establecieron diferentes materiales de siembra, planta *in vitro*, planta de vivero, cormo o cabeza e hijuelo de espada, de acuerdo con lo anterior se obtiene:

**Factor uno.** Control: Dos dosis diferentes en cada producto oxamil 24 % 3.785 litros y 3 litros, *Paecilomyces lilacinus* y *Bacillus firmus* y *Beauveria Bassiana* 1 kg/700g y 750

g/500g y el Oxamil y *Paecilomyces lilacinus* y *Bacillus firmus* con 3 litros y 500 gr y 2 litros y 1 kilo.

**Factor dos.** Materiales de siembra: planta *in vitro*, planta de vivero, cormo o cabeza e hijuelo de espada.

De la combinación de los diferentes factores y niveles se generaron 24 tratamientos (**Tabla 4**) y cada uno con tres repeticiones.

**Tabla 4.** Tratamientos con las dosis diferentes del producto aplicado y el material de siembra.

| TRATAMIENTO | CONTROL                                                                            | DOSIS        | MATERIAL DE SIEMBRA |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------|
| 1           | OXAMIL 24%                                                                         | 3.785 L/HA   | IN VITRO            |
| 2           | OXAMIL 24%                                                                         | 3.785 L/HA   | VIVERO              |
| 3           | OXAMIL 24%                                                                         | 3.785 L/HA   | CORMO O CABEZA      |
| 4           | OXAMIL 24%                                                                         | 3.785 L/HA   | HIJO ESPADA         |
| 5           | OXAMIL 24%                                                                         | 3 L/HA       | IN VITRO            |
| 6           | OXAMIL 24%                                                                         | 3 L/HA       | VIVERO              |
| 7           | OXAMIL 24%                                                                         | 3 L/HA       | CORMO O CABEZA      |
| 8           | OXAMIL 24%                                                                         | 3 L/HA       | HIJO ESPADA         |
| 9           | <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i> y <i>Beauveria bassiana</i> | 1kg/700g/ha  | IN VITRO            |
| 10          | <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i> y <i>Beauveria bassiana</i> | 1 kg/700g/ha | VIVERO              |
| 11          | <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i> y <i>Beauveria bassiana</i> | 1 kg/700g/ha | CORMO O CABEZA      |
| 12          | <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i> y <i>Beauveria bassiana</i> | 1 kg/700g/ha | HIJO ESPADA         |
| 13          | <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i> y <i>Beauveria bassiana</i> | 750g/500g/ha | IN VITRO            |
| 14          | <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i> y <i>Beauveria bassiana</i> | 750g/500g/ha | VIVERO              |
| 15          | <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i> y <i>Beauveria bassiana</i> | 750g/500g/ha | CORMO O CABEZA      |
| 16          | <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i> y <i>Beauveria bassiana</i> | 750g/500g/ha | HIJO ESPADA         |
| 17          | Oxamil y <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i>                    | 3l/500g/ha   | IN VITRO            |
| 18          | Oxamil y <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i>                    | 3l/500g/ha   | VIVERO              |
| 19          | Oxamil y <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i>                    | 3l/500g/ha   | CORMO O CABEZA      |
| 20          | Oxamil y <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i>                    | 3l/500g/ha   | HIJO ESPADA         |
| 21          | Oxamil y <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i>                    | 2l/1kg/ha    | IN VITRO            |
| 22          | Oxamil y <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i>                    | 2l/1kg/ha    | VIVERO              |
| 23          | Oxamil y <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i>                    | 2l/1kg/ha    | CORMO O CABEZA      |
| 24          | Oxamil y <i>Paecilomyces lilacinus</i> y <i>Bacillus firmus</i>                    | 2l/1kg/ha    | HIJO ESPADA         |

### 5.3 Conducción del trabajo

#### 5.3.1 Características de la parcela

La superficie de la parcela donde se realizó el experimento es de 1 hectárea, el tipo de suelo es franco arcillo arenoso, se localiza a 16 msnm, cuenta con drenes de un metro. El terreno se preparó haciendo dos pasos de rastra cruzada y dos pasos subsuelos en cruz.

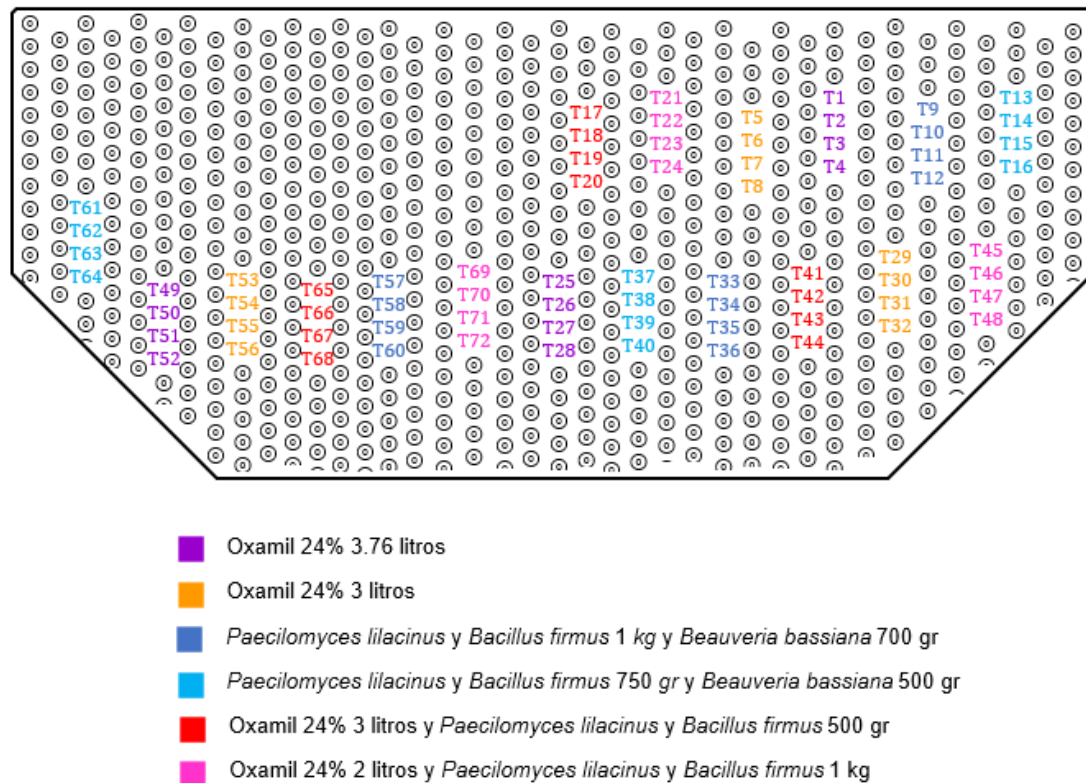


Figura 6. Croquis de los 72 tratamientos

#### 5.3.2 Descripción del material de siembra

Se utilizaron cuatro materiales de siembra diferentes plantas *in vitro*, planta de vivero, cormos e hijos espada.

- Plantas *in vitro* clon “enano gigante” elaboradas en el Consorcio de ciencia, Tecnología e Innovación en Logística Agroalimentaria, A.C. de Colima, con una edad de 2.5 meses (**Figura 7**).



**Figura 7.** Planta *in vitro* de plátano del laboratorio *in vitro* cultivos de tejido.

- Plantas de vivero recolectadas en la zona de producción en el ejido de Antúnez Michoacán, de huertas con suelos altos en porcentajes de arcillas. Se sembraron en bolsas de 2 kilos con suelo de la misma parcela.
- Los hijos espadas, cormos y cabezas se obtuvieron de la localidad de El Habillal, municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán.

### 5.3.3 Establecimiento y seguimiento del cultivo

Las plantas de vivero se sembraron el 15 de septiembre del 2022, las plantas de *in vitro* el 4 de octubre del 2022 y las plantas de cormo e hijuelos de espada fueron recolectados el 1 de diciembre del mismo año.

El 1 de diciembre del 2022 fueron establecidas en la parcela, con una previa desinfección y fueron puesta en un hoyo de 30 cm por 30 cm, para ser plantadas. Se realizaron los riegos necesarios de acuerdo a la temperatura y radiación solar.

La densidad de población será de 1,786 plantas por hectárea, con una distancia de 2.25 x 2.25 m y entre camas de 2.5 m.

Dichas plantas se establecieron con una nutrición de 450-150-600 y aplicaciones de óxido de calcio, con aplicaciones puntuales para el control de sigatoka negra y riego tecnificado de microaspersión.

Los tratamientos de oxamil se aplicaron cada seis meses en cada planta, el tratamiento de *Paecilomyces lilacinus* y *Bacillus firmus* y *Beauveria bassiana* se aplicó cada tres meses directo a la planta y *Beauveria bassiana* se aplicó en una trampa de sándwich, para contabilizar la cantidad de picudos que se lograron capturar y en el tratamiento combinado el oxamil se aplicó a los seis meses y *Paecilomyces lilacinus* y *Bacillus firmus* cada tres meses.

El método de extracción de ADN fue el de Mgonja y col., (2020). La reacción de PCR se realizó en el Mini Termociclador (Long Gene) en el termociclador con los oligonucleótidos específicos para *R. similis*, rDNA2/rDNA1.58S (TTGATTACGTTCCCTGCCCTTT / ACGAGCCGAGTGATCCAC CG). Las condiciones de la reacción fueron una inicial desnaturalización a 94° C durante 3 min, 35 ciclos de 94° C durante 15 s para desnaturalización del ADN, alineamiento a 49° C durante 15 s, polimerización a 68° C durante 15 s y una polimerización final de 68° C durante 5 min con el Kit de Invitrogen™ Platinum™ II Hot-Star Green PCR Master Mix (2X). Los fragmentos amplificados fueron analizados en un gel de agarosa al 0.8 % y visualizados en el transiluminador \_\_\_\_\_.

#### 5.3.4 Variables respuesta

Las variables que se evaluaron en los diferentes tratamientos fueron las siguientes:

**Mortalidad de los materiales de siembra.** Se determino a los 45 días después de la siembra con un muestreo estadístico de porcentaje.

**Peso de raíz sana y funcional.** En la base del hijo se excavo un hoyo de 20 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, recolectando una muestra de 500 g de suelo y después se enviaron al Laboratorio de Tecnológico Superior de los Reyes para su análisis (Chávez-Velazco y Araya-Vargas, 2009). Cada muestra se identificó individualmente, posteriormente se lavaron con agua potable, separando las raíces sanas las cuales se caracterizarán por ser color blanco o cremoso y las raíces no funcionales de color pardo rojizas o material necrosado. Cada muestra se dejó reposar por dos horas, para después pesar cada una en la balanza digital. Las raíces se cortaron transversalmente en trozos de 2-3 cm y se homogenizaron. La extracción de nematodos se realizó por el método de

licuado-tamizado desarrollado por Taylor y Loegering, 1953 y modificado por (Araya M. , 2002).

**Incidencia de *C. sordidus*.** Se realizó la técnica de "sandwich", que consta de dos rodajas o secciones de pseudotallo de unos 15 cm de longitud cada una, colocadas una encima de la otra (Castaño-Parra, 1989).

**Altura de la planta.** Se midió con la ayuda de una cinta métrica, desde la base del pseudotallo visible hasta la formación de la última hoja completamente abierta que haya emitido la planta.

**Vigor de la planta.** Se midió la circunferencia del pseudotallo, tomando como base la parte visibles del mismo desde el suelo hasta una altura de 50 cm, utilizando una cinta métrica.

**Tiempo de retorno.** Se refiere a los días que tarde desde que se emite el hijuelo al tiempo de corte de la planta madre, medir la altura del hijuelo, lo cual se realizó con una cinta métrica.

**Tiempo de la primera parición.** Cuando el primordio de inflorescencia a simple vista es visible, es indicador que ocurrió la iniciación floral; es decir la futura bellota y la que entre las vainas de las hojas ya emitida es llevada hacia arriba.

**Peso del racimo.** Cada mano del racimo fue pesada en una balanza electrónica, el cual se determinó el peso promedio por racimo.

### 5.3.5 Diseño experimental

De acuerdo con los tratamientos generados, se estableció el trabajo en un campo experimental en parcelas divididas, donde se considera lo siguiente:

Parcela grande: dosis de productos químicos y biológicos

Parcela chica: tipos de materiales de siembra

El modelo lineal para in DPD con estructura de parcelas completamente al azar es:

$$Y_{ijk} = \mu + \underbrace{\gamma k + \tau i + (\gamma\tau)ki}_{\text{Parcela grande}} + \underbrace{\beta j + (\tau\beta)ij}_{\text{Parcela chica}} + \epsilon_{ijk}$$

Representa a la parcela    Representa a la subparcela

$Y_{ijk}$  = Obs. de una unidad experimental

$\mu$ = media general del ensayo

$\gamma_k$ = Efecto de las parcelas

$T_i$ = Efecto del tratamiento  $T$  de la parcela

$(\gamma T)_{ki}$  = Error de la parcela  $[E(a)]$ .

$\beta_j$ = Efecto del tratamiento  $\beta$  de la subparcela

$(T\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción de los tratamientos de la parcela y subparcela

$\epsilon_{ijk}$ = Error de la subparcela  $[E(b)]$ .

### 5.3.6 Análisis de resultados

Una vez obteniendo los datos de cada variable respuesta se realizó un análisis de varianza para ver si existe o no diferencias del efecto de los tratamientos sobre dicha variable; y una prueba de comparación de medias por el método Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para determinar el tratamiento con mayor valor. Para el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias se utilizó el paquete análisis de Modelo Lineal General.

## 6. Resultados y discusión

Para el análisis estadístico primero se realizó por medio del análisis de Modelo Lineal General y en él se identifican los factores que reportan diferencias estadísticamente significativas para realizar el análisis de varianza de efectos individuales.

Una vez revisado el análisis del modelo lineal general, se identificaron los factores con diferencia estadística significativa, por lo que se procede a realizar un análisis de varianza y comparación múltiple de medias de Tukey para dichos efectos:

### 6.1 Mortalidad de los materiales de siembra

Al realizar el muestreo de porcentaje en cada una de las 72 plantas se observó el 100% de plantas vivas a los 45 días del trasplante, en el transcurso de ese tiempo se manejaron los enraizamientos adecuados y la desinfección previa a la planta (Figura 8).



**Figura 8.** Material de siembra. A) planta *in vitro*, B) planta vivero, C) planta de corno o cabeza y D) planta de hijo espada.

Según Aguilar-Cruz, en el 2006 al evaluar materiales de siembra con semilla, trasplante de seis semanas y siembra de estolones muestra que la siembra de trasplante es mayor a la siembra de semilla con 85% a los 90 días.

### 6.2 Peso de raíz sana y funcional

En los primeros tres meses después del trasplante se recolectaron muestras de raíz, en la cual se registró el peso de cada muestra en los diferentes materiales de siembra, obteniendo que el mayor peso es de la planta de vivero con 51.2 g de raíz sana y

funcional y el de menor peso fue la planta del hijo de espada con 10.1 g de raíz, teniendo una diferencia del 80.2% (**Figura 9 y 10**).

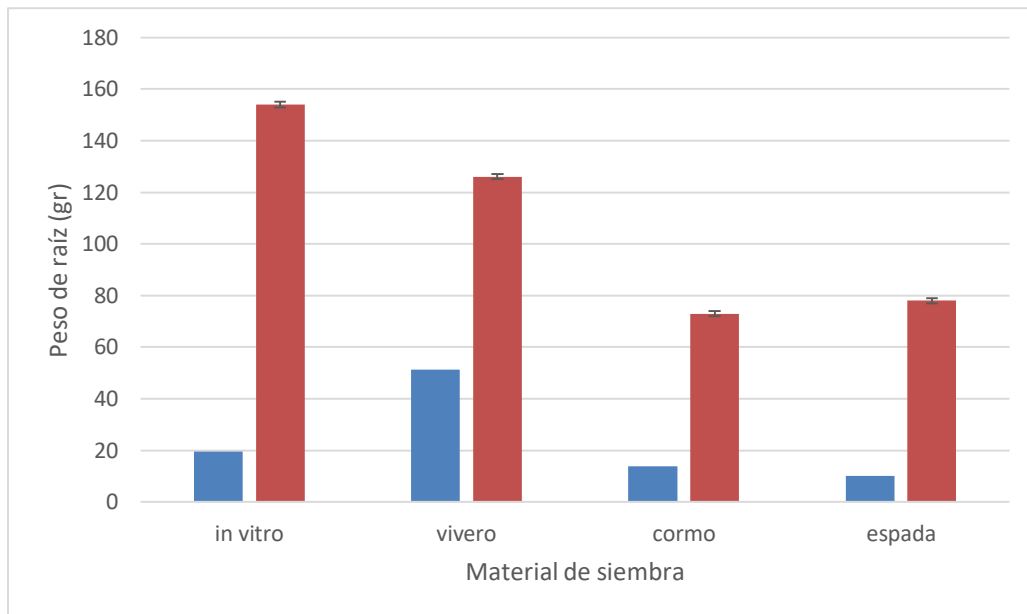


**Figura 9.** Peso de raíz funcional en plantas de los diferentes materiales de siembra. Barras azules plantas de tres meses de edad y barras rojas seis meses de edad.



**Figura 10.** Raíz de cada material de siembra con tres meses de trasplante. A) planta *in vitro*, B) planta vivero, C) planta de cabeza o cormo y D) planta de hijo espada.

A la edad de 6 meses de la planta se pesó la cantidad de raíz, en el cual se obtuvo que la planta con mayor cantidad de raíz fue la planta *in vitro* con 154 gramos, seguida por la planta de vivero obteniendo 126 gramos y con menor cantidad de raíz fue la planta de cormo o cabeza con una diferencia de 47% (81 gr) (Figura 9 y 11). Sin embargo,

dentro de los cuatro materiales de siembra el que tuvo mejor comportamiento de raíz fue la planta de vivero, ya que desde los tres meses ya desarrollaba buena cantidad de raíz, según López y Espinosa en 1995.



**Figura 11.** Raíz de cada material de siembra con seis meses de trasplante.

### 6.3 Vigor y altura de la planta

El vigor de las plantas en los diferentes tratamientos no muestra una diferencia significativa, no obstante, el tratamiento que destaca es el rosa con un promedio de 0.41 m de vigor en las plantas, mientras que el tratamiento rojo, morado y azul rey arrojaron el menor vigor en las plantas con una diferencia del 0.07 m, en la comparación que hay entre los diferentes materiales de siembra se puede observar que el vigor de la planta en la planta de *in vitro* tiene 0.40 m en los tratamientos rosa y naranja, seguido por el azul cielo con 0.38 m y teniendo una diferencia con el de menor vigor que es el tratamiento 0.05 m (Figura 12).

Sin embargo, el comportamiento en la altura de las plantas de los diferentes tratamientos no muestra diferencia significativa, pero destaca el tratamiento rosa con una altura similar en los cuatro materiales de siembra con un promedio de 2.4 m de altura, seguido por el tratamiento de barras azul cielo con 2.2 m y el de menor altura es el tratamiento morado con una diferencia de 0.4 m. El material de siembra que destaca en altura es la planta vivero teniendo una altura de 2.66 m en el tratamiento azul cielo, seguido por el

tratamiento rojo con 2.53 m, rosa 2.5 m, comparado al de menor altura como es el tratamiento morado 2.19 m (Figura 12).

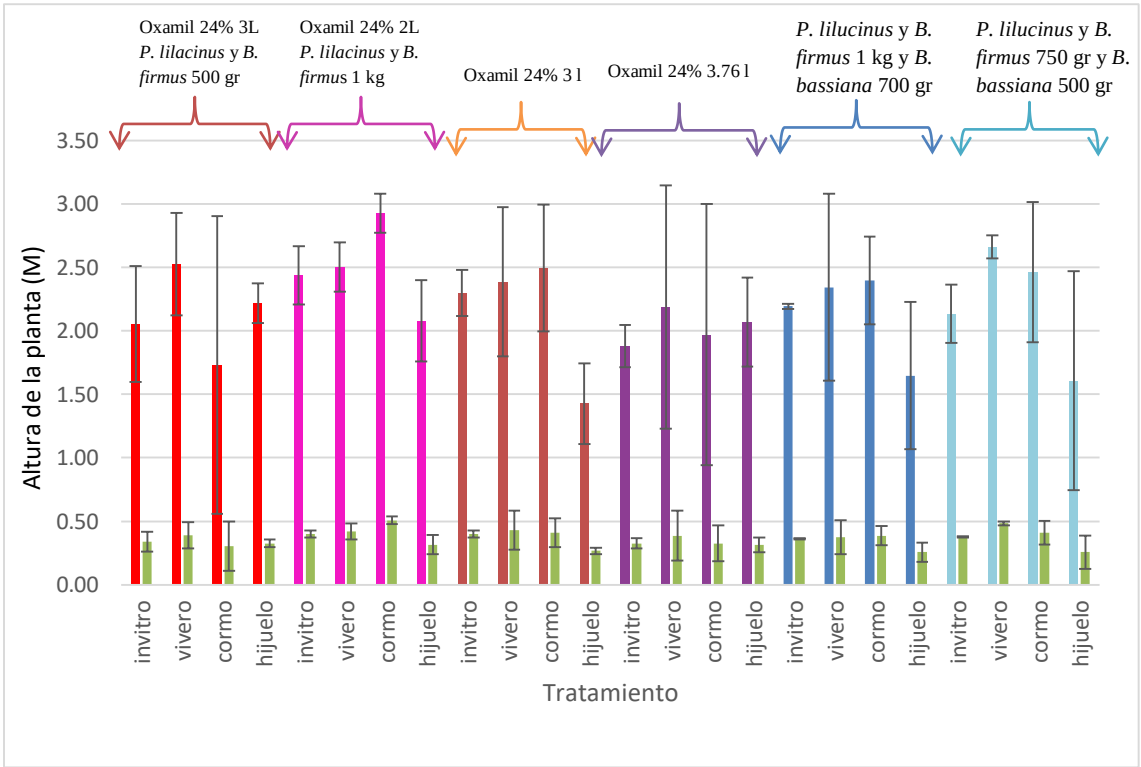


**Figura 12.** Altura y vigor de las plantas de *Mussa cavendish* AAA de la planta madre. Las barras verdes representan el vigor y los otros colores representan la altura.



**Figura 13.** Mediciones de altura y vigor.

#### 6.4 Periodo de retorno

En la **Figura 14** se muestran datos del periodo de retorno en el cual nos indica que el tratamiento naranja se observa que sus alturas con similares, con una altura en la planta *in vitro* de 3.57 m y la planta de hijo de espada tiene una altura de 2.7 m con una diferencia de 0.87 m de altura, seguido por el tratamiento rosa con una altura de la planta *in vitro* de 3.47 m y la planta de espada con 2.26 m con una diferencia de 1.21 m, sin embargo, nos indica que los mejores tratamientos tienen una diferencia no significativa entre ellas con una diferencia de 10 cm en las plantas *in vitro* y en plantas espadas de 0.44 m.

En los tratamientos que no favorece la altura de los retornos son en las plantas de espada teniendo una altura máxima de 2.7 m en el tratamiento naranja y una mínima de 0.47 m en el tratamiento azul. En las plantas de corno el tratamiento con mayor desarrollo es el tratamiento morado con una altura de 3.49 m, seguido por el tratamiento naranja con 3.10 m y el de menor altura es 1.88 m del tratamiento rojo teniendo una diferencia de 1.22 m (39.3%). En las plantas de vivero se muestra que en el tratamiento rosa con 3.20 m, seguido por el tratamiento rojo con 3.18 teniendo una diferencia del 0.6 %, y el de menor desarrollo es el tratamiento morado con 1.52 m. El material de siembra de planta *in vitro* el de mayor desarrollo fue el tratamiento naranja con una altura de 3.57 m, seguido por el tratamiento rosa con 3.47 m y reportando con el menor desarrollo el tratamiento rojo (2.21 m) y morado (2.69 m) con una diferencia 22.4 % comparado con el tratamiento rosa.

Sin embargo, el tratamiento naranja en el material de siembra de *in vitro*, vivero y corno muestra que tiene el denominado nieto, al igual que el tratamiento rosa (*in vitro* y vivero), azul (vivero y espada), azul cielo (vivero) y rojo (*in vitro*), destacando la planta de *in vitro* y vivero en su próxima parición.

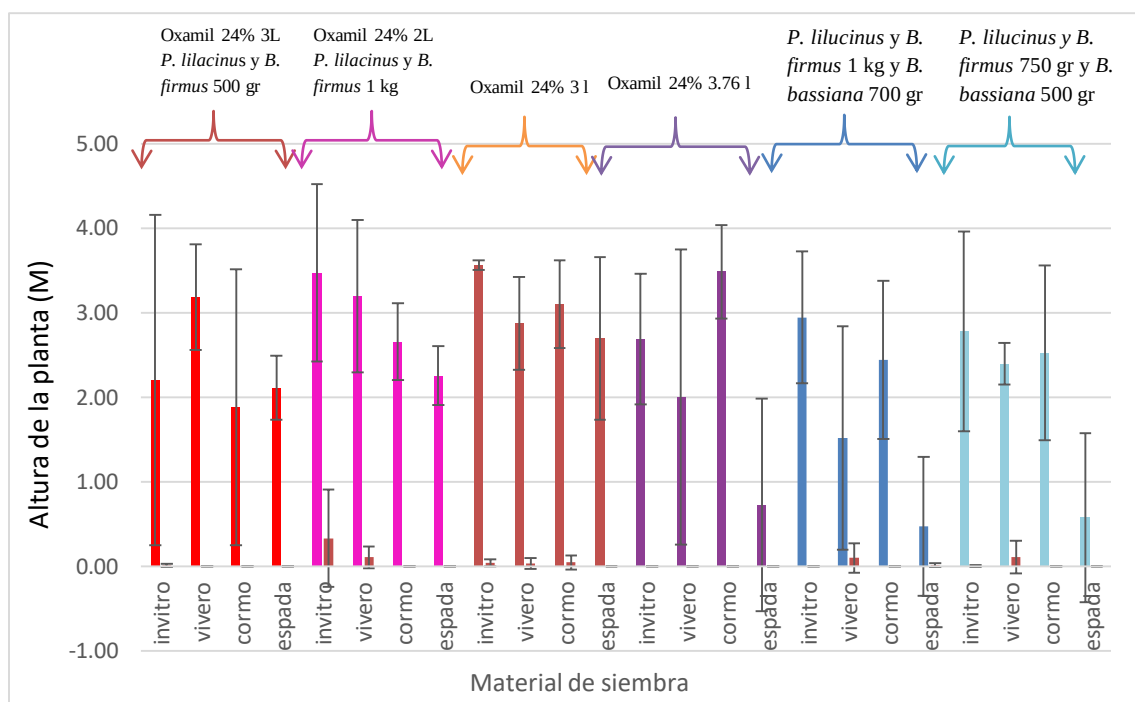


**Figura 14.** Altura de los hijos a tiempo de parición. Los distintos colores representan los diferentes tratamientos.



**Figura 15.** Medición de la altura de los hijuelos en planta madre en parición.

### 6.5 Vigor de las plantas a parición

El vigor de plantas muestra que todas las plantas presentan hijos y solo el tratamiento rosa y el tratamiento naranja ya tenían plantas nietas. Sin embargo, no se muestra

diferencia significativa, pero dentro de los tratamientos cabe resaltar que el tratamiento que mantuvo un vigor en sus cuatro materiales de siembra es el tratamiento rosa, seguido por naranja y azul siendo superior a 0.80 m de diámetro. No obstante, el vigor de los hijuelos se muestra el tratamiento rojo (0.48 m), seguido por el rosa (0.47 m) y el de menor vigor es el tratamiento azul (0.39 m), cabe resaltar que el tratamiento naranja ya se registra que el material de siembra de planta *in vitro*, vivero y cormo se tiene datos de plantas denominadas nietas, al igual que los tratamientos rosa, azul y azul cielo.(Figura 16).

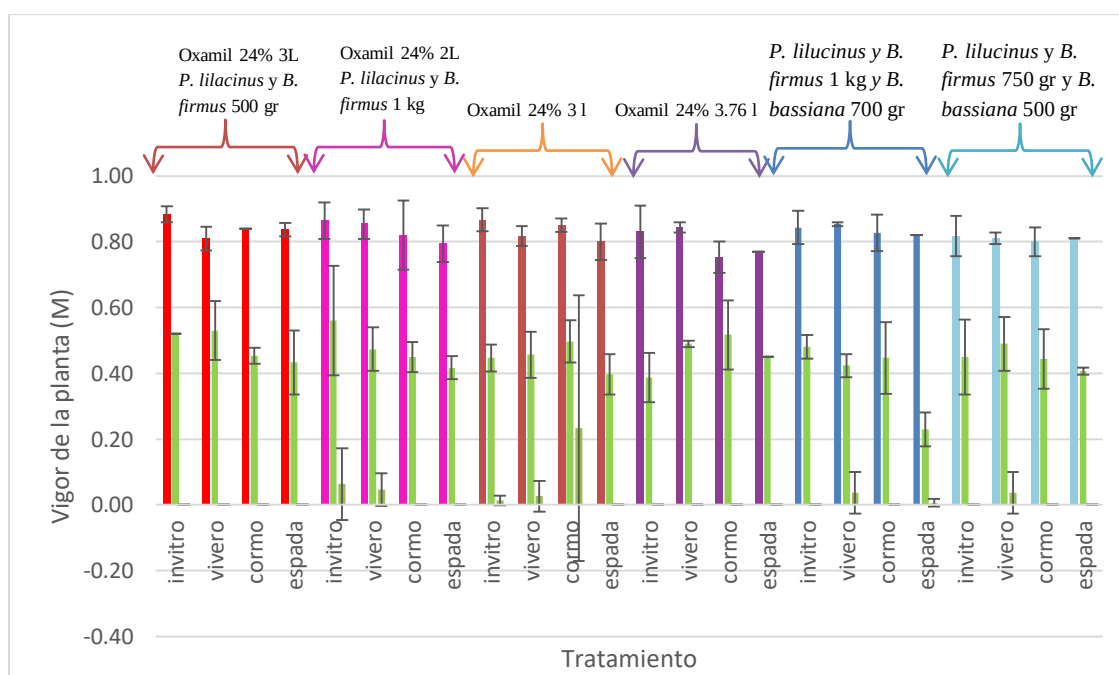


**Figura 16.** Vigor de la planta madre, hijos y nietos al tiempo de parición. Las primeras barras de cada grupo son las madres con los colores de los tratamientos, la segunda barra verde representa los hijos y las barras gris son los nietos.



**Figura 17.** Plantas del experimento.

### **6.6 Tiempo de la primera parición**

Los datos arrojados de los días a parición, se muestra la precocidad de cada material de siembra, el cual se menciona que las plantas obtenidas de un vivero tardan 163.5 días en parir desde el trasplante, seguido por las plantas de cormo con 165.5 días con una diferencia de 2 días, la cual no muestra ninguna diferencia significativa, sin embargo, el material de siembra de vivero comparado con *in vitro* e hijo espada si muestran mayor diferencia de 15 días en el periodo de parición, la cual en tiempo de cosecha si muestra alguna diferencia, dimensionando a la producción cosechada por semana (**Figura 18**).

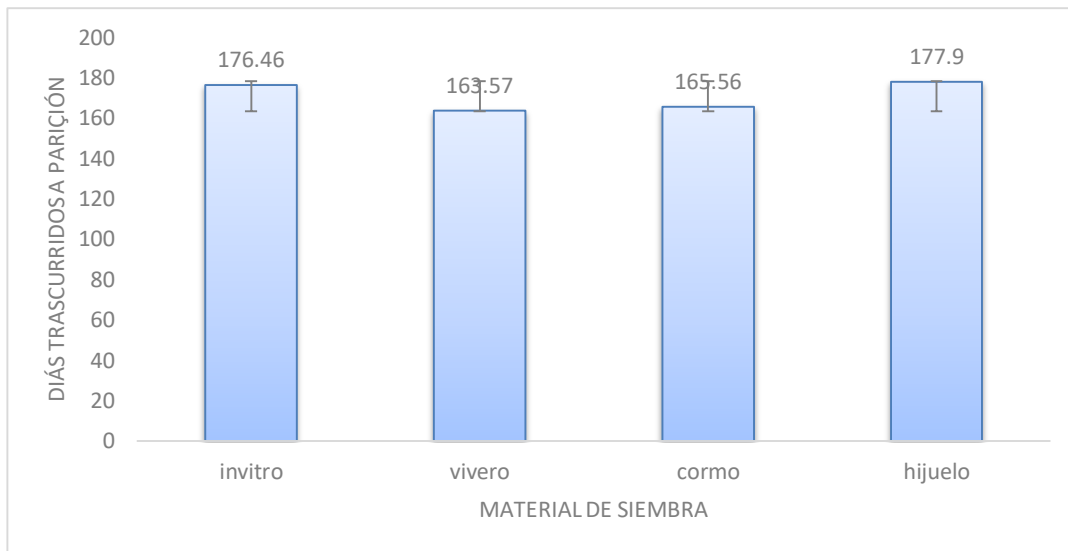


**Figura 18.** Tiempo transcurrido del trasplante a primera parición en los cuatro materiales de siembra.



**Figura 19.** Planta en parición.

## 6.7 Producción

Para peso de fruto y número de manos se encontró diferencia estadística significativa solo para el tipo de planta (*in vitro*, vivero, cormo o cabeza y espada).

Con base en el análisis se confirma que el tipo de planta utilizada reporta diferencias estadísticas significativas ( $p = 0.009$ ) que es menor a el valor de  $\alpha = 0.05$ . Sin embargo, al realizar la comparación múltiple de medias se tiene que las plantas producidas *in vitro*, hijuelo y cormo son iguales con respecto a la variable número de manos.

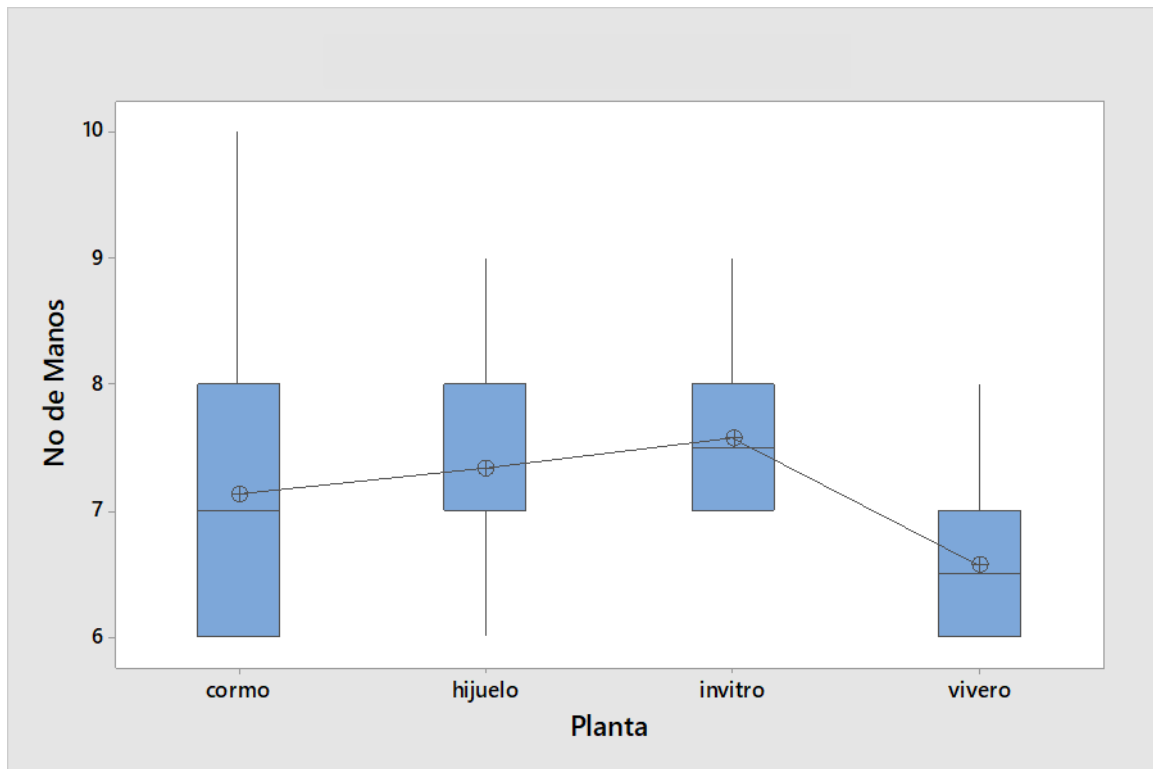


**Figura 20.** Número de manos por diferente material de siembra.

Con base en el análisis se confirma que el tipo de planta utilizada reporta diferencias estadísticas significativas ( $p = 0.045$ ) que es menor a el valor de  $\alpha = 0.05$ . Sin embargo, al realizar la comparación múltiple de medias se tiene que todos los tipos de plantas, presentan, estadísticamente la misma producción.

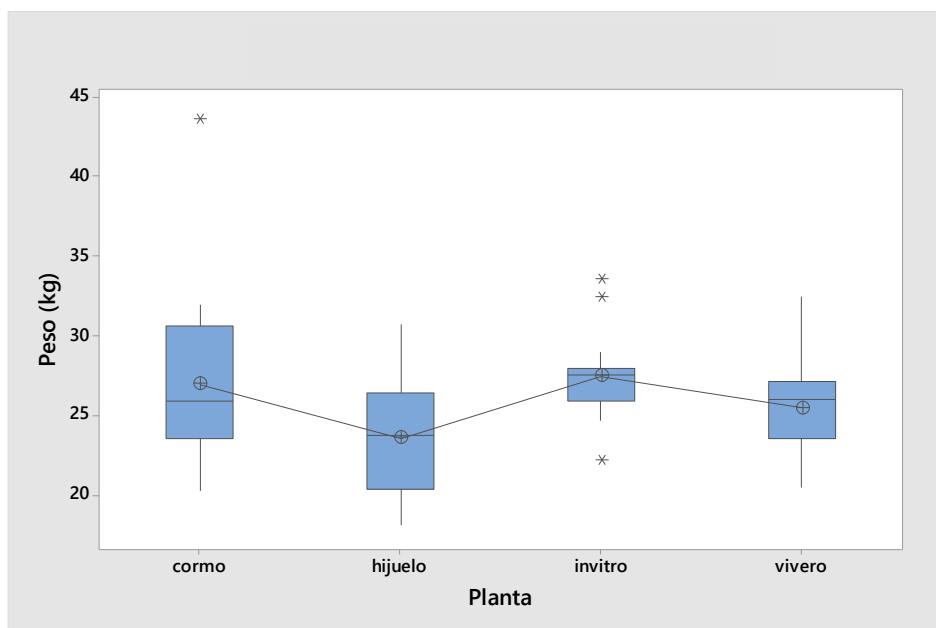


**Figura 21.** Peso del racimo en los diferentes materiales de siembra.

Por otra parte, en el Tratamiento se encontró diferencia en la variable ancho. Con base en el análisis se deduce que el tipo material de siembra utilizada reporta diferencias estadísticas significativas ( $p = 0.015$ ) que es menor a el valor de  $\alpha = 0.05$ . Sin embargo, al realizar la comparación múltiple de medias se tiene que todos los tratamientos, presentan, estadísticamente el mismo ancho de fruto.

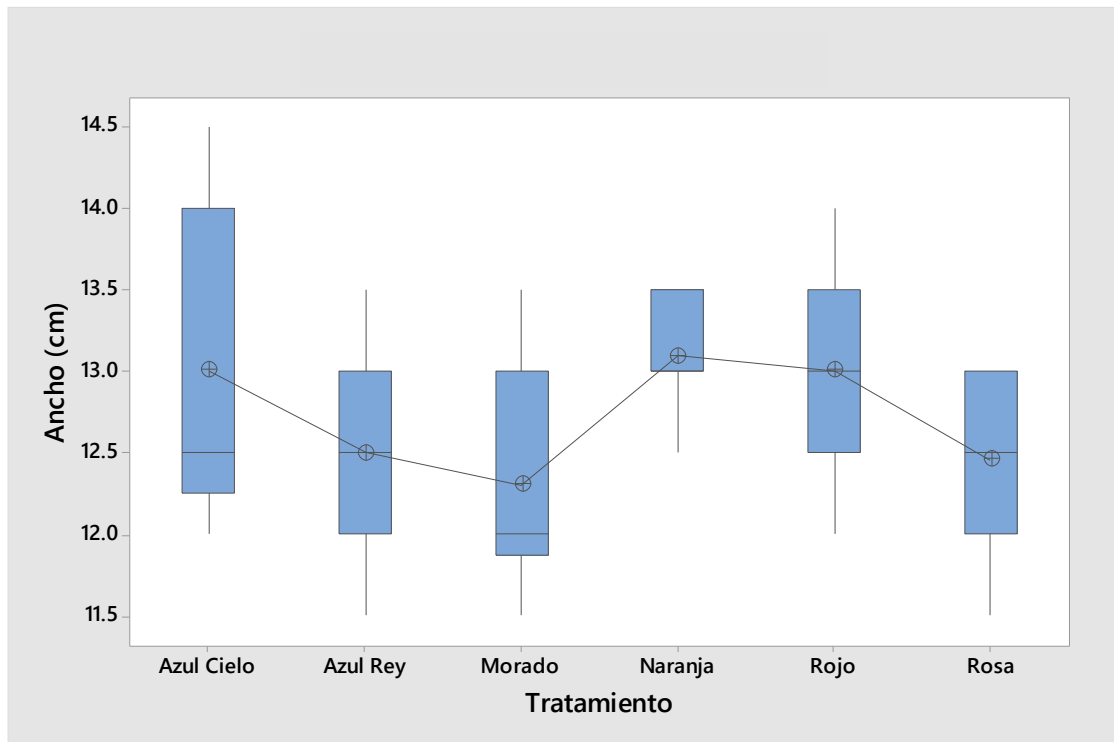


**Figura 22.** Diámetro (cm) del banano los diferentes tratamientos.

### 6.8 Identificación del nematodo barrenador

Por medio del método de licuado y tamizado de Taylor y Loegering (1953) modificado por Araya 2002, en el cual se observó la morfología del nematodo.



**Figura 23.** Proceso de amacerado de la raíz.



**Figura 24.** Morfología del nematodo. Aumento 40x.

Una vez identificado el nematodo, se recolectaron varios por separado para mandar a secuenciar su ADN y poder identificar específicamente su especie.

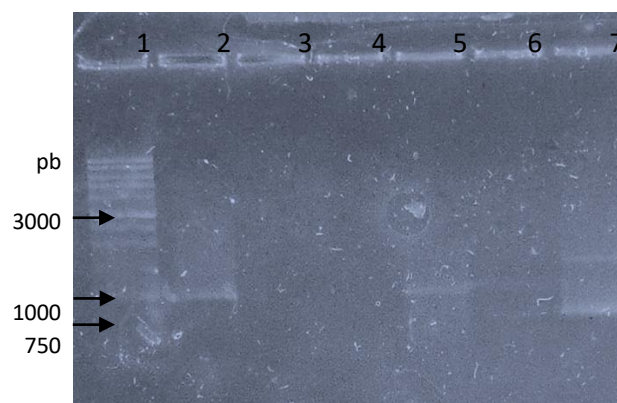


**Figura 25.** Fragmentos amplificados de ADN de nematodos extraídos de raíces de banana de región ITS1 rDNA. 1) Marcador de tamaño molecular 1kb, 2) nematodo de hijuelo 1, 3) nematodo de hijuelo 2, 4) nematodo de in vitro 1, 5) nematodo de cormo 1, 6) nematodo de in vitro y 7) nematodo de cormo 2.

La amplificación de la región ITS1 rDNA (Fig. 25) reveló un fragmento de 1000 pb en las muestras de raíz de cormo y de hijuelo -superior al tamaño esperado para *R. similis*- y otro fr 700 pb que coincide con esta especie. No se logró la secuenciación debido a la baja calidad del ADN, esto causó una baja concentración de la ampliación. A pesar de esto, los resultados de las Figuras 24 y 25 sugieren la coexistencia de más de un género de nematodos en las raíces de los bananos analizados.

## 7. CONCLUSIÓN

Este estudio arroja las diferentes conclusiones:

- El material de siembra con menor incidencia de nematodo barrenador es la planta de *in vitro*, obteniendo un peso de raíz de 154 gramos, en el caso del picudo negro no se obtuvo datos en las capturas.
- Dentro de los tratamientos, la aplicación de oxamil a 2 L cada 6 meses y *Paecilomyces lilanus* y *Bacillus firmus* cada 3 meses ayuda al desarrollo de la planta.
- En producción el tratamiento naranja es la mayor producción alcanzando un peso de 29.1 kg por racimo, y el material de siembra *in vitro* con un peso promedio de 27.6 kg por racimo.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar C, M. B. 2006. Tesis. Efecto de tres métodos de siembra de kudzú pueraria montana como cobertura viva en el cultivo de banano musa spp, Universidad Técnica de Machala.
- Ajanel Ardón, O. K. 2003. Evaluación de tres tipos de trampa y cuatro frecuencias de recolección del picudo negro cosmopolites sordidus (Germar 1824) en el cultivo de banano Musa sapientum (Var. Grand nain) Tiquisate, Escuintla. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Alcivar F. J. 2015. Origen y evolucion del banano. Recuperado el, 15.
- Araya M. 2002. Metodología utilizada en el Laboratorio de Nematología de CORBANA S.A. para la extracción de nematodos de las raíces de banano (Musa AAA) y plátano (Musa AAB). CORBANA (Costa Rica). 55. 97-109.
- Araya M. 2003. Situación actual del manejo de nemátodos en banano (Musa AAA) y plátano (Musa AAB) en el trópico americano. En Actas del Taller "Manejo Convencional y alternativo de Nematodos, Sigatoka negra y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los Trópicos" Galileo R. y Rosales F, (eds) INIBAP, pp. 79-87.
- Bustamante V. 2019. Efecto del Fluopyram (Verango) en el control de *Radopholus similis* en el cultivo banano. *Alternativas*, 20(2), 49–55.  
<https://doi.org/10.23878/alternativas.v20i2.306>
- Bvlnes B. M. A. 1943. El plátano, factor de importancia en la alimentación. MEDICA HONDUREÑA, 247-253
- Carr C., Sánchez, M., Alfaro, F., y Villalta, R. 2017. Marchitez por Fusarium o mal de Panamá del banano y otras musáceas. Sección de Fitoprotección, Dirección de Investigaciones CORBANA. (pág. 11). Hoja divulgativa.
- Castaño O. 1989. Manejo de problemas entomológicos de plátano y banano. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19173>

- Collins J, Treverrown L, y Lambkint M. 1991. Organophosphorus insecticide resistance and its management in the banana weevil borer, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae), in Australia. *Crop Protection* 10(3):215-221.
- Chávez-Velazco C y Araya-Vargas M. 2009. Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*. 2009; 20(2):361-369.
- Daquinta M., Lezcano Y., Escalona M., y Santos R. (2001). Multiplicación in vitro del banano FHIA-18 con el empleo de paclobutrazol. *InfoMusa*, 10(2), 22-24.
- Duque A. S., Monsalve P., y Restrepo C. 2019. Intervención morfológica de la hoja de banano (Bachelor's thesis, Escuela Arquitectura y Diseño).
- [FAOSTAT](https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>
- Galan V., Rangel A., Lopez J., Hernandez J. B. P., Sandoval J., y Rocha H. S. 2018. Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira de fruticultura*, 40, e-574.
- Germar, E. F. 1824. *Especies de insectos: novae aut minus cognitae, descriptionibus illustratae*. Impensis J.C. Hendelii et Filii. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.130964>
- González C, C., Aristizábal H, J. C., y Aristizábal L, M. 2009. Evaluación biológica del manejo de picudos y nematodos fitopatógenos en plátano (*Musa AAB*). *Acta agronómica*, 58(4), 260-269.
- Guzmán P. Ó. A. 2011. El nematodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Luna Azul*, (33), 137-153.
- Ghahremani, Z., Escudero, N., Beltrán-Anadón, D., Saus, E., Cunquero, M., Andilla, J., Loza-Alvarez, P., Gabaldón, T. y Sorribas, F. 2020. *Bacillus firmus* Strain I-1582, a Nematode Antagonist by Itself and Through the Plant. *Frontiers in Plant Science*. 11. 10.3389/fpls.2020.00796.
- Granada G. A. 1997. Moko del plátano y banano en Colombia. *Rev. Bananos y Plátanos*, 19(1), 39-43.
- Huang, M., Bulut, A., Shrestha, B. 2021. *Bacillus firmus* I-1582 promotes plant growth and impairs infection and development of the cyst nematode *Heterodera schachtii* over two generations. *Sci Rep* 11, 14114. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93567-0>

- Landaverde T. R. A. 2006. El cultivo del plátano. Engormix.
- López A., y Espinoza, J. M. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano.
- López N. H. D., Soilan D. L. C., Grabowski O. C. J., Enciso M. G. A., y Caballero M. G. G. 2021. Manual de Nematología agrícola: bases y procedimientos.
- Luciani P. D. C. 2017. Eficiencia de cinco tipos de trampas para el control del Gorgojo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y Picudo rayado (*Metamasius hemipterus* Linneus) en el cultivo de plátano en la zona de Tulumayo–Tingo María.
- Manzo-Sánchez G., Orozco-Santos M., Islas-Flores I., Martínez-Bolaños L., y Guzmán-González S. 2012. Conociendo la diversidad genética de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) para lograr un manejo integrado. Innovaciones para el manejo integrado en campo de la sigatoka negra en México. Aportaciones de la investigación básica. Centro de Investigación Científica de Yucatán AC Manual, 21-31.
- Marin D., Sutton T. y Barker K. 1998. Dissemination of Bananas in Latin America and the Caribbean and Its Relationship to the Occurrence of *Radopholus similis*. Plant Disease - PLANT DIS. 82. 964-974. 10.1094/PDIS.1998.82.9.964.
- Martínez I., Villalta R., Soto E., Murillo G., y Guzmán M. 2011. Manejo de la Sigatoka negra en el cultivo del banano. CORBANA. Hoja divulgativa, (2-2011).
- Medina O. R. A. 2020. Manejo integrado del nematodo (*Radopholus similis*) en el cultivo de banano (*Musa AAA*)” (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020).
- Messiaen S. y Gold C. 2000. El picudo negro del banano: *Cosmopolites sordidus*. Plagas de Musa. Hoja divulgativa No. 4. línea. [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/online\\_library/publications/pdfs/696\\_ES.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/696_ES.pdf).
- Mgonja, D. M., Temu, G. E., Ndunguru, J. C., Mziray, M. F., Lyantagaye, S. L., & Luambano, N. D. (2020). Molecular approach to confirm traditional identification of *Radopholus similis* sampled in Tanzania. *Journal of Nematology*, 52, e2020-20.
- Olivares P. y Morán V. 2020. Manejo de plagas en cultivos hortofrutícolas de Rapa Nui.
- Pires, D., Vicente, C. S., Menéndez, E., Faria, J. M., Rusinque, L., Camacho, M. J., y Inácio, M. L. 2022. The fight against plant-parasitic nematodes: Current status of bacterial and fungal biocontrol agents. *Pathogens*, 11(10), 1178.
- Ramirez L. J. H. 2022. Evaluacion de la efectividad del hongo (*Paecilomyces Linacinus*).
- Rojas-Sanabria P., Araya V. J., Álvarez S., Fuentes G., Velásquez V. M., Fallas M. M. 2007. Caracterización y plan de acción para el desarrollo de la agrocadena del cultivo de plátano en la región Huetar Atlántica. Costa Rica. 83.
- Rosales F. E., Sharrock S. L., y Tripon S. 1998. La importancia de las Musáceas en el Mundo.

- Sirias V. A. G. 2007. Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* sobre poblaciones de nemátodos y el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) en el Campus Agropecuario de la UNAN-León durante el ciclo agrícola 2006 (Doctoral dissertation).
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (21 de Enero de 2020). Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/hoy-dia-del-platano>
- Servicio Nacional de Sanidad, I. y. (11 de Noviembre de 2021). Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/senasica/prensa/mexico-autosuficiente-en-produccion-de-platano-agricultura>
- SIAP. [Anuario Estadístico de la Producción Agrícola](#)
- Soto B. M. 1992. Bananos: cultivo y comercialización. San José, Costa Rica, 52, 21.
- Torres S. 2012. Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. Hidalgo Impresores EIRL, 72.
- Valarezo P. F. C. 2022. Evaluación del índice de daño ocasionado por *Radopholus similis* y el efecto biocontrolador de las PGPRs como agente supresor en plántulas de banano cultivar Williams.
- Vargas A. 2015. Evaluación de cultivares y materiales de siembra en plátanos del tipo falso cuerno bajo un manejo intensivo de plantación. Cultivos Tropicales, 36(2), 72-82.
- Vilcinskis A., y Götz P. 1999. Parasitic fungi and their interactions with the insect immune system. Advances in parasitology, 43, 267-313.
- Volcy C. 2011. Past and present of nematode *Radopholus similis* (Cobb) Thome with emphasis on Musa. Agronomía Colombiana 29(3), 433-440.
- Zamorano. 2002. Manejo integrado de plagas en banano y plátano con énfasis en Sigatoka negra. Guayaquil. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2a2b2a84-286e-47f0-9a3e-0f9d82caed87/content>