



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Trabajo de Tesis**

**Alternativas biológicas y químicas para el manejo  
de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*  
Morelet) del plátano (*Musa paradisiaca* L.) cv.  
Curaré Enano en Tonalá, Chinandega 2019**

**Autor**

**Br. Moisés Eli Arauz Soza**

**Asesora**

**MSc. Rosario Chavarría Sánchez**

**Managua, Nicaragua**

**Diciembre, 2020**



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Graduación

**Alternativas biológicas y químicas para el manejo  
de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*  
Morelet) del plátano (*Musa paradisiaca* L.) cv.  
Curaré Enano en Tonalá, Chinandega 2019**

**Autor**

**Br. Moisés Eli Arauz Soza**

**Asesora**

**MSc. Rosario Chavarría Sánchez**

Presentado a la consideración del honorable tribunal  
examinador como requisito final para optar al grado  
de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**

**Diciembre, 2020**

Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

***Ingeniero Agrónomo***

---

Miembros del Tribunal Examinador

---

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de culminación de estudio a **Dios Padre**; le agradezco el don de vida y todo lo que tengo en ella, la sabiduría que proviene de él, inteligencia y fortaleza que me ha ayudado a superar los obstáculos que se han presentado y permitir terminar con éxito mi carrera.

A mi madre **Elisa del Carmen Soza padilla** por darme la vida, por brindarme su amor, por educarme y por ser parte de mi vida, a mi padre **Mauricio Demetrio Aráuz Céspedes** que ha sido un gran ejemplo a seguir como padre, como hombre y como profesional; por el esfuerzo brindado para formarme como persona, como profesional, por su apoyo y amor incondicional.

A mis, hermanos **José Abraham Aráuz Soza** por ser un ejemplo de perseverancia y a **Mauricio Elí Aráuz Soza** por ser la alegría de nuestras vidas.

A mi tía, **Anita Adolfina Céspedes Palma** por cuidarme y acogerme como un hijo, por hacer de mi infancia una época digna de recordar gracias a su amor materno. Gracias a sus consejos me he convertido en un hombre lleno de principios y virtudes.

A mi suegra, **Lic. Jacqueline Elizabeth Romero** por ser la única persona que me tendió la mano incondicionalmente cuando más lo necesitaba, por ser esa amiga en quien podía confiar cuando necesitaba un consejo sabio, por ser el mayor ejemplo de bondad al recibirme y cuidarme como a su hijo desde el momento en que me conoció. Pero principalmente, le agradezco por tomar el papel de madre con sus oraciones, ya que cada mañana puso mi vida en las manos del Señor que su gloria brille en mí todos los días de mi vida.

A mi novia, **Janis Arlina Ramos Romero** por darme amor sincero cada día, por ser mi alegría y fuerza durante la adversidad. Es la persona que más admiro en cuanto disciplina, inteligencia, belleza y dedicación se refiere, ya que cada día me demuestra que tengo que dar lo mejor de mí.

A mi abuelo, **Napoleón Aráuz Chavarría (Q.E.P.D)** porque siempre estuvo conmigo en todos los momentos de mi juventud y por ser el mejor abuelo que pude tener.

A mis abuelas y tíos que siempre han creído y deseado lo mejor para mi vida.

**Br. Moisés Elí Aráuz Soza**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios mi padre por darme la vida, la sabiduría, la inteligencia, y el favor para cumplir todos los deseos de mi corazón.

Al señor, **Felipe Martin Mendoza y familia** por su ayuda, su amistad, por su generosidad, bondad al tenderme la mano al momento al prestarme su propiedad para realizar mi investigación de culminación de estudios.

A nuestro Asesora, **MSc. María del Rosario Chavarría Sánchez** por compartir sus conocimientos, su tiempo, su dedicación para lograr terminar mi carrera y por su confianza en el transcurso del trabajo.

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación como profesional y en especial **MSc. María del Rosario Chavarría Sánchez, Dr. Oscar Gómez Gutiérrez y MSc. Juan José Avelares Santos**, que se ganaron un lugar en mi corazón.

Al proyecto financiado por la Unión Europea, a través de amigos de la tierra en convenio con nuestra alma mater Universidad Nacional Agraria.

**Br. Moisés Elí Aráuz Soza**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vii
<b>RESUMEN</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1 Características morfológicas de la sigatoka negra	4
3.2 Sintomatología de la sigatoka negra	4
3.3 Importancia de la sigatoka Negra	5
3.4 Manejo de la sigatoka negra	5
3.4.1 Prácticas culturales	5
3.4.2 Manejo químico	5
3.4.3 Manejo biológico	6
3.4.4 <i>Trichoderma</i> sp	7
3.4.5 <i>Bacillus subtilis</i>	8
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	10
4.1 Ubicación del experimento	10
4.2 Descripción del ensayo	10
4.3 Descripción de los tratamientos	10
4.3.1 Obtención de <i>Trichoderma</i> sp	11
4.3.2 Obtención de <i>Bacillus subtilis</i>	11
4.3.3 Obtención de MANCOZEB® 80 WP	11
4.4 Forma de preparación y aplicación de los tratamientos	11
4.5 Diseño experimental	12

4.5.1 Modelo Aditivo Lineal (MAL)	12
4.6 Metodología de muestreo	13
4.7 Variables evaluadas	13
4.7.1 Promedio de hojas por planta	13
4.7.2 Promedio hoja más joven enferma (HMJE)	13
4.7.3 Porcentaje de hojas sanas	14
4.7.4 Porcentaje de incidencia	14
4.5.2 Promedio ponderado de infección (PPI)	14
4.8 Análisis de datos	15
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	16
5.1 Promedio de hojas por planta	16
5.2 Hoja más joven enferma con sigatoka negra	17
5.3 Porcentaje de hojas sanas	18
5.4 Porcentaje de incidencia	20
5.5 Promedio ponderado de infección	21
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	24
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	25
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	26
<b>IX. ANEXOS</b>	32

---

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Descripción y dosis de los tratamientos	12
2. Grados de la escala de Stover (1971) modificada por Gauhl (1990), para evaluar la severidad de la sigatoka negra ( <i>Mycosphaerella fijiensis</i> ) del plátano ( <i>Musa</i> sp)	16



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Promedio de hojas por planta en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019	18
2.	Promedio de hoja más joven enferma con sigatoka Negra en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019	19
3.	Porcentaje de hoja sanas en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019	20
4.	Porcentaje de incidencia de sigatoka Negra en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019	22
5.	Promedio ponderado de infección en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019	24

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Plano de campo	35
2. Hoja de muestreo de sigatoka Negra	36
3. Análisis de varianza de Promedio de hoja por planta, Tonalá-Chinandega, 2019	37
4. Separación de medias para promedio de hojas por planta, Tonalá-Chinandega, 2019	37
5. Separación de medias de fecha para promedio de hojas por planta, Tonalá-Chinandega, 2019	37
6. Análisis de varianza para promedio hoja más joven enferma, Tonalá-Chinandega, 2019	38
7. Separación de medias para promedio hoja más joven enferma, Tonalá-Chinandega, 2019	38
8. Separación de medias de fecha para promedio hoja más joven enferma, Tonalá-Chinandega, 2019	38
9. Análisis de varianza para porcentaje de hojas sanas, Tonalá-Chinandega, 2019	39
10. Separación de medias para porcentaje de hojas sanas, Tonalá-Chinandega, 2019	39
11. Separación de medias de fecha para porcentaje de hojas sanas, Tonalá-Chinandega, 2019	39
12. Análisis de varianza para incidencia, Tonalá-Chinandega, 2019	40
13. Separación de medias para incidencia, Tonalá-Chinandega, 2019	40
14. Separación de medias de fecha para incidencia, Tonalá-Chinandega, 2019	40
15. Análisis de varianza para promedio ponderado de infección, Tonalá-Chinandega, 2019	41

16.	Separación de medias para promedio ponderado de infección, Tonalá-Chinandega, 2019	41
17.	Separación de medias de fecha para promedio ponderado de infección, Tonalá-Chinandega, 2019	41
18.	Registro de precipitaciones en mm, del 20 de Mayo a 19 de julio, Tonalá-Chinandega, 2019	42
19.	Representación esquemática del conjunto de hojas en una planta de Plátano	43

---

## RESUMEN

El estudio fue establecido en la Finca Santa Julia ubicada en el municipio de Tonalá, Departamento de Chinandega en el periodo comprendido de mayo a julio, 2019. El objetivo de este trabajo fue generar información acerca del uso de alternativas biológicas usando *Trichoderma* sp y *Bacillus subtilis* y producto químico como el MANCOZEB® 80 WP para el manejo de la sigatoka negra en plátano usando y en la zona de Tonalá, Chinandega. Se estableció un experimento de Bloques completos al Azar con seis tratamientos y tres repeticiones, la parcela principal consistió de 720 plantas, la parcela útil compuesta por 40 plantas, se seleccionaron cinco plantas por repetición para levantamiento de datos, para un total de 15 plantas por tratamiento. Los tratamientos fueron dos cepas nativas de *Trichoderma* sp (T0501H y T0301), dos cepas de *Bacillus Subtilis* (cepa CNIA-INTA, SERENADE® ASO 1,34 SC) y una combinación de *Bacillus subtilis* cepa CNIA-INTA más *Trichoderma* sp y MANCOZEB® 80 WP. La plantación estaba establecida con una edad de cinco meses. La aplicación se realizó cada 15 días y el levantamiento de datos cada ocho días. Las variables evaluadas fueron: promedio de hojas por planta, posición de hojas más joven enferma, porcentaje de hojas sanas, porcentaje de incidencia, promedio ponderado de infección. Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Sistema de Análisis Estadístico (SAS); el Análisis de Varianza se realizó como un bifactorial en bloques completos al azar con arreglo de medias repetidas y separación de medias según Tukey. El mayor promedio de hojas por planta se obtuvo en los tratamientos a base de *Trichoderma* sp. La posición de la hoja más joven enferma para los tratamientos estuvo en la posición cinco. El mayor porcentaje de hojas sanas y el menor porcentaje de incidencia se obtuvo en el tratamiento químico. El promedio ponderando de infección fue igual para todos los tratamientos.

**Palabras clave:** Antagonistas, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* sp, cepas, químicos

## ABSTRACT

The study was established in Santa Julia farm located in the municipality of Tonalá, Department of Chinandega in the period from May to July, 2019. The objective of this work was to generate information about the use of biological alternatives using *Trichoderma* sp and *Bacillus subtilis* and chemical such as MANCOZEB® 80 WP for the management of black sigatoka in bananas in the area of Tonalá, Chinandega. A randomized complete block experiment was established with six treatments and three repetitions, the main plot consisted of 720 plants, the useful plot composed of 40 plants, and five plants were selected per repetition for data collection, for a total of 15 plants per treatment. The treatments were two native strains of *Trichoderma* sp (T0501H and T0301), two strains of *Bacillus Subtilis* (strain CNIA-INTA, SERENADE® ASO 1,34 SC) and a combination of *Bacillus subtilis* strain CNIA-INTA plus *Trichoderma* sp and MANCOZEB® 80 WP. The plantation was established at the age of five months. The application was carried out every 15 days and the data collection every eight days. The variables evaluated were: average of leaves per plant, position of leaves younger ill, percentage of healthy leaves, percentage of incidence, weighted average of infection. The statistical programme Statistical Analysis System (SAS) was used for data analysis; Analysis of Variance was performed as a bifactorial in complete blocks at random with arrangement of repeated means and separation of means according to Tukey. The highest average of leaves per plant was obtained in treatments based on *Trichoderma* sp. The position of the youngest diseased blade for treatments was in position five. The highest percentage of healthy leaves and the lowest percentage of incidence was obtained in chemical treatment. The average weight of infection was equal for all treatments.

**Keywords:** Antagonists, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* sp. strains, chemicals

## I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, el plátano es uno de los productos básicos de la dieta familiar. Su cultivo y producción son actividades generadoras de ingresos y empleo. Las exportaciones nicaragüenses de plátano están dirigidas al mercado Centroamericano (Costa Rica, El Salvador y Honduras), Puerto Rico y Estados Unidos (IICA, 2004, p.3).

(Rivera, 2019) “La producción y cultivo del plátano en los últimos cuatro años ha tenido un incremento trascendental, en 2015 la producción era de 463.3 millones de unidades a nivel nacional, de zonas productivas como Rivas, Isla de Ometepe, León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y resto del país” (párr.13).

(Rivera, 2019) “Estamos cerrando este año 2019 con 840 millones de unidades de plátanos en producción, enorme transformación y crecimiento que ha tenido esta producción de plátano. Eso significa un crecimiento del 81 % a la vuelta de cuatro años atrás” (párr.14).

El plátano es un cultivo que es afectado por plagas como el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), nematodos (*Radopholus similis*) y enfermedades que afectan el fruto como punta de cigarro causada por el hongo (*Trachysphaera fructigena*), (*Verticillium theobromae*), enfermedades por bacterias como la pudrición del pseudotallo como (*Erwinia* sp) y moko (*Ralstonia solanacearum*) y enfermedades causadas por hongos que atacan la sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis*). (CENTA, 2010, p.7-15)

La sigatoka negra es una de las enfermedades foliares más limitante y destructiva a nivel mundial y una de las enfermedades más destructivas de los plátanos, ocasiona varias pérdidas al disminuir la superficie foliar funcional de la planta, lo que resulta en una marcada reducción del área fotosintética de la planta, causando daños en la producción tales como plátano pequeños e irregularmente maduros que se desprenden de la planta y no llegan a la madurez (Agrios, 2009). La sigatoka negra es causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (anamorfo *Pseudocercospora fijiensis* Morelet) (Marin *et al.*, 2003).

El principal método para el manejo de la sigatoka es el control químico, hasta con 40 aplicaciones al año, lo que representa del 40 al 60 % del costo total de producción, desencadenando resistencia del hongo a los fungicidas y residualidad en el fruto (Sagder, 1995).

Dichos fungicidas deben ser aplicados en intervalos de siete y 12 días lo cual genera la aplicación de 35-50 ciclos de fungicidas por año en los países bananeros, con altos costos de producción en sus cultivos (Chica *et al.*, 2004).

Los efectos nocivos sobre el uso excesivo de plaguicidas repercute sobre el medio ambiente debido a su residualidad, lo que provoca que se acumulen en cuerpos de agua, suelo, plantas y animales, además que se generan altos costos de producción y sin resultados satisfactorios debido a que los plaguicidas no permiten un control efectivo de muchas enfermedades producidas por fitopatógenos, por no ser selectivos (Michel, 2001).

La aparición de cepas de *Mycosphaerella fijiensis* menos sensibles o resistentes a los fungicidas usados tradicionalmente así como el incremento mundial de las demandas por las medidas de bioseguridad ha propiciado un aumento en el interés de encontrar alternativas biológicas para el control de la sigatoka negra (Marin *et al.*, 2003). Muchos son los microorganismos que se encuentran naturalmente asociados a las plantas, ya sean endófitas o saprofitamente, sin producir enfermedades, y a los cuales se le han demostrado efectos beneficiosos (Beattie, 2007).

En este sentido los métodos de control biológico son prometedores, se conoce que el hongo *Trichoderma* sp posee mecanismo de acción como: antibiosis, competencia (por espacio y nutrientes), micoparasitismo, tolerancia al estrés mediante un mejor desarrollo de las raíces y plantas, resistencia inducida, solubilización y secuestro de nutrientes inorgánicos y inactivación (Harman, 2000, p.387) y las especies del género *Bacillus* sp poseen características especiales, tales como: la formación de endosporas termo resistentes a agentes perjudiciales como la desecación, la radiación, los ácidos grasos y los desinfectantes químicos (Setlow, 2006).

Debido a la falta de información sobre el uso de agentes biológicos y químicos para el manejo de la sigatoka negra, se requiere evaluar y generar información bajo condiciones de campo. Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el control del *Trichoderma* sp y *Bacillus subtilis* como controladores biológico y MANCOZEB<sup>®</sup> 80 WP como producto químico en condiciones de campo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Generar información sobre el uso de alternativas biológicas y químicas para el manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) del plátano (*Musa paradisiaca* L.) cv. Curaré Enano en el municipio de Tonalá, departamento de Chinandega.

### **2.2 Objetivos específicos**

Determinar el efecto de alternativas biológicas y químicas sobre variables agronómicas y su relación con la incidencia de sigatoka negra del cultivo del plátano.

Estimar incidencia y severidad de sigatoka negra bajo condiciones de campo usando alternativas biológicas y químicas.



### III. MARCO DE REFERENCIA

La sigatoka negra es la enfermedad más importante en la mayoría de las regiones productoras de musáceas en el mundo, por su amplia distribución y su agresividad en los diferentes cultivares de bananos y plátanos, así como por los períodos de incubación cortos y su gran capacidad de diseminación (Churchill, 2011). La enfermedad es originaria del sudeste asiático y en el continente americano se identificó por primera vez en Honduras en el año de 1972 (Stover y Dickson, 1976). Es así como en 1979 se descubrió en Nicaragua (Carcache, 2005, p.1).

#### 3.1 Características morfológicas de la sigatoka negra

El agente causal es el hongo ascomiceto heterotálico *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (estado sexual) (Mulder y Stover, 1976) y su estado (asexual) es *Pseudocercospora fijiensis* (Morelet) Deighton (Mourichon y Fullerton, 1990). Los conidios del hongo (fase asexual), miden de 30 a 132  $\mu\text{m}$  de longitud y 2.5 a 5.0  $\mu\text{m}$  en la parte más ancha; estas estructuras se producen con mayor abundancia en la superficie inferior de las lesiones (envés), pero también pueden encontrarse en la parte superior (haz).

Las ascosporas (fase sexual) son la principal fuente de inóculo de la enfermedad, las cuales son diseminadas por el viento y depositadas en las hojas superiores, principalmente en la hoja “candela” y en las cuatro hojas más jóvenes de la planta. Las ascosporas miden de 11.5 a 15.6  $\mu\text{m}$  de longitud y 2.5 a 5.0  $\mu\text{m}$  de ancho (Meredith *et al.*, 1973; Mulder y Stover, 1976).

#### 3.2 Sintomatología de la sigatoka negra

Los primeros indicios de la enfermedad se presentan en el envés y en el margen izquierdo de la parte distal de las hojas. La sigatoka negra presenta alrededor de seis estadíos. En el estadío uno se observan pequeñas pigmentación o decoloraciones visibles en el envés de la hoja. En el estadío dos las decoloraciones o pigmentaciones se convierten en pequeñas estrías café rojizas y son visibles tanto en el haz como en el envés. En el estadío tres las estrías aumentan su grosor y longitud, pero mantienen su color café rojizo. En el estadío cuatro se presentan cuando la lesión cambia de color a café rojizo y negro, se considera como mancha. En el estadío cinco la mancha negra está rodeada de un halo amarillento y en el estadío seis la mancha nuevamente cambia de color, se deprimen y en las zonas de color gris-blanco, se observa una gran cantidad

de pequeños puntos que corresponden a los cuerpos fructíferos llamados pseudotecios (Fouré, 1985).

### **3.3 Importancia de la sigatoka Negra**

La sigatoka negra es la enfermedad foliar que representa la principal limitante en la producción de musáceas (plátano y banano) a nivel mundial. La enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta y, en consecuencia, los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas (Alvarez *et al.*, 2013, p.2)

Bajo condiciones favorables, la necrosis de las hojas puede reducir los rendimientos de 35-50 %, y muchos cultivares que son importantes y comúnmente sembrados son susceptibles, generalmente es necesario mantener una cantidad mínima de cinco hojas en la planta hasta el tiempo de cosecha para que la calidad de las frutas sea estable durante el transporte; en 1995 el costo medio para controlar esta enfermedad fue de U\$1500/ha/año (Bennett y Arneson, 2003).

Este último rubro constituye el 27 % de los costos de producción del cultivo y se estima que al año se realizan entre 30 y 50 aplicaciones de fungicidas, tanto protectantes como sistémicos, con consecuencias negativas como fitotoxicidad, pérdida de sensibilidad de *M. fijiensis* a diversos grupos químicos, contaminación ambiental y presencia de residuos tóxicos en los frutos (Etubu y Young, 2011).

### **3.4 Manejo de la sigatoka negra**

#### **3.4.1 Prácticas culturales**

Existen una serie de prácticas culturales que tiene como objetivo evitar las condiciones climáticas para reducir la presencia del inóculo en las plantaciones tales como: eliminación total o parcial de hojas afectadas, tratamientos a la hojarasca, mini composteo, drenaje, manejo del agua y métodos de riego, nutrición y fertilidad del suelo, sistema de producción perenne, anual o bianual, densidad de plantación y control de malezas (Orozco *et al.*, 2008, p. 191-195)

#### **3.4.2 Manejo químico**

El control químico es una de las estrategias más empleadas en el manejo de enfermedades de las plantas (De Waard *et al.*, 1993; Agrios, 1997). Los fungicidas utilizados se pueden agrupar

en tres categorías de acuerdo a su forma de acción: fungicidas de contacto o protectantes, fungicidas de acción sistémica local y fungicidas sistémicos.

Los fungicidas protectantes afectan el metabolismo de las proteínas, interfieren en la oxidación de ácidos grasos, afectan la producción de energía/ATP (trifosfato de adenosina) y bloquean la enzima deshidrogenasa (FRAC, 2013). Las familias de fungicidas más utilizados es la de los ditiocarbamatos, a la cual pertenece el Mancozeb, Propineb y el Clorotalonil.

Los Fungicidas de acción sistémica local penetran en las hojas y tiene poca o nula movilidad dentro de la misma. Los grupos de fungicidas utilizados son: aminas y anilino pirimidinas (FRAC, 2013). Los Fungicidas sistémicos son fungicidas muy específicos que generalmente actúan en un solo paso en la fisiología del patógeno (monositio). Los grupos de fungicidas utilizados son: inhibidores de la desmetilación (DMI), fungicidas aminas, inhibidores Qo (Qol), anilino pirimidinas (AP), benzimidazoles (BCM), n-fenilcarbamatos, fungicidas SDHI, guanidinas y multi- sitio (Murillo, 2015, p.26)

### **3.4.3 Manejo biológico**

#### ***Importancia del control biológico***

La utilización de microorganismos en el control biológico de patógenos causantes de enfermedades en los cultivos, constituye una alternativa eficiente y ecológica que contribuye al desarrollo de una agricultura sostenible, ya que disminuye los efectos inherentes al uso de plaguicidas y productos químicos (Ruiz *et al.*, 2014, p.1326).

En la actualidad existen algunos productos biológicos que se aplican de manera comercial para el control de la enfermedad en plantaciones de banano. Alguno de ellos son a base de cepas de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp.

El control biológico ha tenido pocas posibilidades de aplicación, debido a la complejidad del problema, ya que el hongo *M. fijiensis* es altamente virulento y su período de incubación es corto. A nivel experimental se ha demostrado que es factible integrar el control biológico con organismos antagonistas productores de quitinasas dentro de un programa de manejo integrado de sigatoka negra.

### **3.4.4 *Trichoderma* sp**

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* sp se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica. *Trichoderma* se ubica taxonómicamente según (Villegas, 2005) en: Reino: Fungi, División: Mycota, Subdivisión: Eumycota, Clase: Hyphomycetes, Orden: Moniliales, Familia: Moniliaceae, Género: *Trichoderma* sp.

#### ***Mecanismos de acción de Trichoderma* sp**

El hongo *Trichoderma* sp posee un modo de acción directa e indirecta de acción biorreguladora. Entre los principales mecanismo de acción directa frente al hongo patógeno se encuentran, competencia por espacio y nutrientes, micoparasitismo y antibiosis (Lorenzo, 1994).

Los mecanismo de acción indirecta tiene como función activar las defensas fisiológicas y bioquímicas, como es la activación de compuestos relacionados con la resistencia (inducción de resistencia) (Harman, 2004), la desintoxicación de toxinas excretadas por patógenos y desactivación de enzimas durante el proceso de infección; la solubilización de elementos nutritivos, y propiciar un ambiente favorable al desarrollo radical lo que aumenta la tolerancia de la planta al estrés (Harman, 2003).

(Acosta *et al.*, 2013) evaluaron el antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* frente a *Mycosphaerella fijiensis*, se evidenció competencia por espacio vital como por nutrientes del medio de cultivo y además, se observó hiperparasitismo con intensidad elevada, ruptura de los extremos de las hifas y derrame del contenido celular.

(Castro, 2015, p.98) evaluó la velocidad de crecimiento in vitro de 100 cepas de la colección de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de las cuales se seleccionaron 10 cepas. Se logró identificar tres especies en las 10 cepas seleccionadas con antagonismo in vitro frente a *M. fijiensis*: *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* y *T. pseudokoningii*. Se comprobó que la actividad antagonica estaba relacionada con competencia por espacio, nutrientes y micoparasitismo.

Un estudio realizado en Universidad Autónoma del Estado de Guerrero, México con el título de Antagonismo de *Trichoderma* sp sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, Agente Causal de la sigatoka negra del Plátano (*Musa* sp.) in vitro e Invernadero; se aislaron 25 cepas nativas del

hongo; se seleccionaron ocho que fueron nombradas (J20, J25, J24, J1, J7, J12, J11 y J9) de las cuales seis se ubicaron en clase uno de antagonismo, donde *Trichoderma* sp creció sobre el patógeno, cubriendo el 100 % del medio de cultivo, mientras que las cepas (J1 y J9) presentaron antagonismo clase tres, donde ninguno de los dos hongos fue dominante; no hubo cepas incluidas en las clases cuatro y cinco.

En invernadero, las cepas J7 y J11 presentaron los menores porcentajes ponderados de infección con 0.70 y 0.88 %, respectivamente, sobre el desarrollo de *M. fijiensis*, repercutiendo en un mejor control de la enfermedad, por lo que se sugiere evaluarlas bajo condiciones de campo (Arzate *et al.*, 2006, p.98).

### ***Recomendaciones de aplicaciones de Trichoderma sp***

La aplicación se debe de realizar en horas de la tarde aprovechando la baja incidencia de luz ultravioleta, se recomienda aplicarlo al suelo o sustrato antes de la siembra, al trasplante y en cultivos establecidos al pie de la planta ya sea, en riego por goteo o bomba de mochila y para aplicaciones foliares se debe de utilizar adherente (Montero y Venegas, 2008).

Es indicado para enfermedades producida en los cultivos como arroz, café, frutales, banano, plátano, especies maderables, tomate, chile, caña de azúcar, papaya, algodón, soya, piña, sandía y melón (Montero y Venegas, 2008).

### **3.4.5 *Bacillus subtilis***

El género *Bacillus* sp fue reportado por primera vez por (Cohn, 1872) quien lo describió como bacterias productoras de endosporas resistentes al calor. Las especies de *Bacillus* pertenecen al Reino Bacteria; Filo Firmicutes; Clase Bacilli; Orden Bacillales y Familia Bacillaceae (Maughan y Van der Auwera, 2011).

### ***Mecanismo de acción de Bacillus subtilis***

Una gran diversidad de especies del género *Bacillus* sp han demostrado tener actividad antagónica contra diversos microorganismos fitopatógenos de cultivos agrícolas, tales como maíz, arroz, frutales, entre otros (Wang, y otros, 2014)

Entre las principales vías por las cuales estas cepas evitan el establecimiento y desarrollo de organismos fitopatógenos es a través de diferentes mecanismos, que incluyen son: excreción de

antibióticos, sideróforos, enzimas líticas, toxinas e inducción de la resistencia sistémica de la planta (IRS) (Layton et al., 2011; Tejera et al., 2011).

### ***Recomendaciones de aplicaciones de Bacillus subtilis***

Se puede aplicar por medio de pulverización normal mediante tractor o mochila, con un volumen de caldo de 500 – 1,000 L/ha. Iniciar las aplicaciones siempre en tratamiento preventivo ante el riesgo de infección. Puede ser utilizado para combatir enfermedades provocadas por hongos y bacterias fitopatógenos como: *Botrytis cinérea*, *Pseudomonas syringae*, *Sclerotinia* sp, *Venturia* sp, *Erwinia amylovora*, *Monilia* sp, *Xanthomonas arborícola*, *Antracnosis*, *Oídio*, *Fuego bacteriano*, *Moteado*, *Cercosporiosis* (Crop Science, 2020).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del experimento

El estudio se realizó en el año 2019, en la Finca Santa Julia propiedad del Señor Felipe Martin Mendoza, ubicada en el municipio de Tonalá departamento de Chinandega, con coordenadas 12°45'35'' latitud norte y 87°8'2'' de longitud oeste y a una altitud de 33.52 msnm. El municipio de Tonalá según el sistema Köppen-Geiger se clasifica como Aw (invierno seco), posee un clima tropical con temperaturas promedio anuales de 27.3 °C y precipitaciones promedio anuales de 1,870 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2019).

### 4.2 Descripción del ensayo

El estudio consistió en el uso de *Trichoderma* sp, *Bacillus subtilis* como controladores biológicos y de MANCOZEB® 80 WP como producto químico de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en el cultivo de plátano.

### 4.3 Descripción de los tratamientos

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción de los tratamientos	Dosis a utilizar
1	SERENADE® ASO 1,34 SC cepa QST 713 de <i>Bacillus subtilis</i>	1 lt ha <sup>-1</sup>
2	MANCOZEB® 80 WP	2 kg ha <sup>-1</sup>
3	<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA	1 lt ha <sup>-1</sup>
4	<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA + <i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	1 lt ha <sup>-1</sup> + 0.36 kg ha <sup>-1</sup>
5	<i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	0.36 kg ha <sup>-1</sup>
6	<i>Trichoderma</i> sp cepa T0501H	0.36 kg ha <sup>-1</sup>

#### **4.3.1 Obtención de *Trichoderma* sp**

Los tratamientos de *Trichoderma* sp cepas T0301 y T0501H, se obtuvieron del Laboratorio de Control Biológico de la Universidad Nacional Agraria.

#### **4.3.2 Obtención de *Bacillus subtilis***

Los tratamientos de *Bacillus subtilis* cepa CNIA-INTA, se obtuvo del Laboratorio de Bioinsumos del INTA-CNIA y el producto SERENADE® ASO 1,34 SC cepa QST 713, en casas comerciales.

#### **4.3.3 Obtención de MANCOZEB® 80 WP**

Es un pesticida que pertenece al grupo químico de los Ditiocarbamatos. Su ingrediente activo es Mancozeb 800 gr kg<sup>-1</sup>. Se obtuvo en casas comerciales.

### **4.4 Forma de preparación y aplicación de los tratamientos**

#### **4.4.1 Aplicación del tratamiento de *Trichoderma* sp cepa T0301 y T0501H**

Se utilizó 30 gramos del producto formulado en polvo mojable a una concentración de  $1 \times 10^{-7}$  conidios ml<sup>-1</sup> y se mezclaron en cinco litros de agua.

#### **4.4.2 Aplicación del tratamiento de *Bacillus subtilis* cepa CNIA-INTA**

Se utilizaron 200 mililitros del producto formulado a una concentración de  $1 \times 10^{-7}$  ufc/ml y se mezclaron en cinco litros de agua.

#### **4.4.3 Aplicación del producto SERENADE® ASO 1,34 SC**

Se utilizaron 48 mililitros del producto formulado a una concentración de  $5.13 \times 10^{-10}$  ufc/g y se mezclaron en cinco litros de agua.

#### **4.4.4 Aplicación del Producto *Bacillus subtilis* cepa CNIA-INTA + Cepa T0301 de *Trichoderma* sp**

Se utilizaron 200 mililitros del producto formulado a una concentración de  $1 \times 10^{-7}$  ufc/ml y 30 gramos del producto formulado en polvo mojable a una concentración de  $1 \times 10^{-7}$  conidios ml<sup>-1</sup> y se mezclaron en cinco litros de agua.



#### 4.4.5 Aplicación del producto MANCOZEB® 80 WP

Se usaron 96 gramos del producto formulado a una concentración de 800 gr kg<sup>-1</sup> y se mezclaron en cinco litros de agua.

Para todos los tratamientos se utilizó adherente a razón de un mililitro por agua, para la aplicación se utilizó una bomba de motor con boquilla en ángulo de 45 grados, marca STHIL, modelo SR 420.

#### 4.5 Diseño experimental

Se estableció un diseño de un bifactorial de bloques completos al azar (BCA) con seis tratamientos y tres repeticiones. Considerando como tratamiento 1) SERENADE® ASO 1,34 SC, 2) MANCOZEB® 80 WP, 3) *Bacillus subtilis* cepa CNIA-INTA, 4) SERENADE® ASO 1,34 SC cepa QST 713 + *Trichoderma* sp cepa T0301, 5) *Trichoderma* sp cepa T0301, 6) *Trichoderma* sp cepa T0501H.

El ensayo se estableció en una plantilla de plátano con un marco de siembra de 2 x 2 m y una edad de entre cuatro y cinco meses. El área total del ensayo fue de 2, 880 m<sup>2</sup> (0.2880 ha) con una población total de 720 plantas, cada tratamiento tuvo un área de 480 m<sup>2</sup> y cada repetición de 160 m<sup>2</sup>. La repetición consto de cuatro surcos y cada surco poseía 10 plantas. Las plantas muestreadas se seleccionaron del surco dos y tres; se muestrearon cinco plantas por repetición, para un total de 15 plantas por tratamiento. Los surcos uno y cuatro fueron considerados como bordes (Anexo 2).

##### 4.5.1 Modelo Aditivo Lineal (MAL)

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + (\rho\beta)_{kj} + (\rho\alpha)_{ki} + \varepsilon_{ijk}$$

$i$  = Nivel del factor A (Tratamientos)

$j$  = Nivel del factor B (Fechas)

$k$  = Bloques

$Y_{ijk}$  = La  $k$ -ésima observación

$\mu$  = Media general

$\rho_k$ = Efecto del k-ésimo bloque

$\alpha_i$ = Efecto del i-ésimo nivel del Factor A (Tratamientos)

$\beta_j$ = Efecto debido al j-ésimo nivel del Factor B (Fechas)

$(\rho\beta)_{kj}$ = Efecto de la interacción de bloque x fecha

$(\rho\alpha)_{ki}$ = Efecto de la interacción de bloque x Tratamientos

$\varepsilon_{ijk}$ = Error aleatorio

#### **4.6 Metodología de muestreo**

La metodología utilizada fue, de (Stover, 1971) modificada por (Gauhl, 1990) que consiste en una estimación visual del área foliar afectada en todas las hojas de plantas próximas a floración, a simple vista desde el suelo. Para esta evaluación se toman en cuenta todas las hojas, excepto la hoja candela y las dobladas. Las plantas muestreadas fueron plantas fijas que se señalaron con cintas de color para cada tratamiento. La toma de datos se realizaba cada ocho días.

#### **4.7 Variables evaluadas**

##### **4.7.1 Promedio de hojas por planta**

Para determinar el promedio de hojas por planta, se sumó el total de hojas y se dividió entre el número de plantas evaluadas, obteniendo así el promedio de hojas por planta.

##### **4.7.2 Promedio hoja más joven enferma (HMJE)**

El conteo se realizó considerando la distribución helicoidal de las hojas (pares e impares). Se consideró como hoja número uno aquella que se encontró más cercana a la hoja candela, y se revisan las siguientes hojas hacia abajo y cuando se encuentra el segundo estadio se deja de revisar. El dato que se anota es la posición de la primera hoja con síntoma visible del estadio dos (Anexo 19).

Para obtener el valor promedio de HMJE, se sumaron el total de las hojas que presentaron el segundo estadio de la enfermedad y se dividió entre la cantidad de plantas evaluadas (Anexo 2).

Esto permite conocer en promedio, en qué posición se encuentran la hoja se encuentra los primeros síntomas visibles de la enfermedad e indica el progreso de está.

#### 4.7.3 Porcentaje de hojas sanas

Para obtener el porcentaje de hojas sanas, se obtuvo de la suma del total de hojas en grado cero y se divide entre el total de hojas evaluadas, multiplicada por 100 (Anexo 2).

#### 4.7.4 Porcentaje de incidencia

La incidencia se obtuvo del número de hojas enfermas divididas entre el número de plantas evaluadas multiplicada por 100. La fórmula utilizada es la fórmula general de (Vanderplank, 1963).

$$\text{Porcentaje de incidencia} = \frac{\text{Número de hojas enfermas}}{\text{Número de plantas evaluadas}} \times 100$$

#### 4.5.2 Promedio ponderado de infección (PPI)

El promedio ponderado de infección indica la severidad de la infección. Su cálculo se obtiene de multiplicar el porcentaje de hojas de cada grado por el correspondiente valor del grado en la escala de Stover (1971) modificada por Gauhl (1990) (Anexo 2). Para el cálculo del promedio ponderado de infección se utilizó la siguiente formula:

$$\text{PPI} = \frac{\text{Suma de (\% hojas en cada grado x grado respectivo)}}{100}$$

Cuadro 2. Grados de la escala de Stover (1971) modificada por Gauhl (1990), para evaluar la severidad de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) del plátano (*Musa* sp).

GRADOS	Descripción del daño en la hoja
1	Hasta 10 manchas por hoja
2	Menos del 5 % de área foliar enferma
3	De 6 al 15 % de área foliar enferma
4	De 16 al 33 % de área foliar enferma
5	De 34 al 50 % de área foliar enferma
6	Más del 50 % de área foliar enferma

#### **4.8 Análisis de datos**

La base de datos fue ordenada en hojas electrónicas de Excel. Todas las variables fueron analizadas mediante análisis de varianza. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Sistema de Análisis Estadístico (SAS) versión 9.1. El Análisis de Varianza se realizó como un bifactorial de bloques completos al azar, con un arreglo de medias repetidas y separación de medias según Tukey ( $\alpha$ : 0.05).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Promedio de hojas por planta

Existen diferencias significativas entre tratamientos ( $P=0.0015$ ) y entre fechas ( $P<.0001$ ). Los tratamientos a base de *Trichoderma* sp cepas T0501H y T0301, presentaron el mayor número de hojas por planta con un promedio 13.75 y 13.41. Estos tratamientos mantuvieron a través del tiempo de muestreos un mayor número de hojas; en comparación con los demás tratamientos (Figura 1). *Trichoderma* sp posee diversos beneficios sobre las plantas entre ellas podemos mencionar que es un estimulador de crecimiento y controlador biológico de muchos géneros de patógenos (Anexo 3 y 4).

Según estudios realizados por (Parets, 2002), en diferentes cultivos entre ellos el Tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y papa (*Solanum tuberosum* L.) encontró resultados satisfactorios en el estímulo del crecimiento, con la aplicación de *Trichoderma* sp.

Según estudios realizados por (Castro, 2015) la formulación líquida del bioproducto de *T. harzianum* cepa CCCh-p1, aplicada sobre hojas de plantas de banano cv. ‘Williams’ produjo un efecto estimulante en la fase de crecimiento vegetativo de las plantas.

(Rodríguez *et al.*, 1998) mostraron el efecto foliar de *Trichoderma harzianum* contra mildiu velludo y mildiu polvoriento en pepino, con reducciones de la incidencia en 35 % y 23,2 % respectivamente, así como estimulación del desarrollo de las plantas, incrementos en la longitud del tallo, frutos y su peso.

Con relación al aumento de las hojas en el tiempo de muestreo. Las fechas donde se tuvo un mayor número de hojas fueron la segunda fecha de mayo y la primera fecha de junio con promedio en ambas fechas de 14.03. El inicio de la época lluviosa contribuyó a un cambio en las condiciones ambientales, las plantas se liberan del estrés hídrico causado por el verano y se genera un aumento de la distancia entre los peciolos de las hojas y en el aumento del ritmo foliar, dando como resultado en el aumento de hojas. En la segunda fecha de junio comenzó una disminución en el número de hojas con un promedio de 11.83 hojas por planta, ESTO SE DEBIÓ A VARIOS FACTORES ENTRE ELLOS LA APROXIMACIÓN A LA ETAPA DE FLORACIÓN Y EL MANEJO FITOSANITARIO QUE SE Dio al cultivo, eliminando hojas dobladas, amarillas y muertas causadas por la enfermedad.

Según (Nava y Vera, 2004, p.336), indican que el número mínimo de hojas presentes al inicio del ciclo del cultivo de plátano deberían de ser entre 8 y 10 hojas. En el proceso de llenado de los frutos de la planta, el desarrollo progresivo del área foliar en su actividad fisiológica son factores determinantes en el desempeño productivo, por lo cual, es fundamental que durante su crecimiento y desarrollo, la planta tenga suficientes hojas funcionales, que garanticen que la fotosíntesis se lleve a cabo, de manera óptima (Arcila *et al.*, 2000).

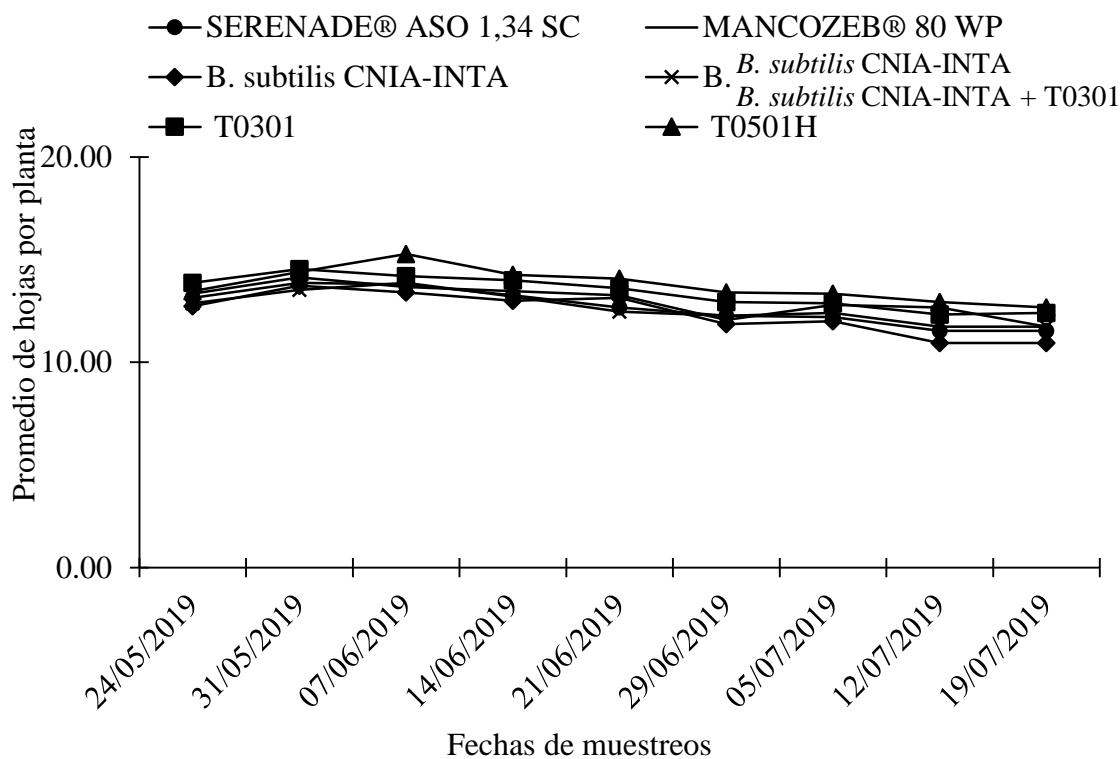


Figura 1. Promedio de hojas por planta en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019.

## 5.2 Hoja más joven enferma con sigatoka negra

No se encontraron diferencias significativas entre tratamiento ( $P=0.0510$ ) (Anexo 6). Se encontró diferencias significativas entre fechas ( $P<0.001$ ) (Anexo 6). Para todos los tratamientos el inicio de la infección con sigatoka negra se ubicó en la posición 5 y 4 con respecto a la hoja candela (Anexo 7).

Las diferencias estadísticas en cuanto a la HMJE con respecto a las fechas de muestreo se deben a que al inicio del estudio a partir de la primera fecha de mayo hasta la primer fecha de junio, se estaba dando el inicio del periodo lluvioso, manteniéndose de esta manera la diseminación

de la enfermedad homogénea, la HMJE para esas fechas se mantuvo entre la posición cinco y seis con respecto a la hoja candela. Con el avance del periodo lluvioso las precipitaciones se mantuvieron constantes (Anexo 18). La posición HMJE para las siguientes fechas se mantuvo en la posición cuatro y cinco. Debido a que los factores ideales como la lluvia propiciaron la diseminación de la enfermedad hacia las hojas más cercanas a la hoja candela.

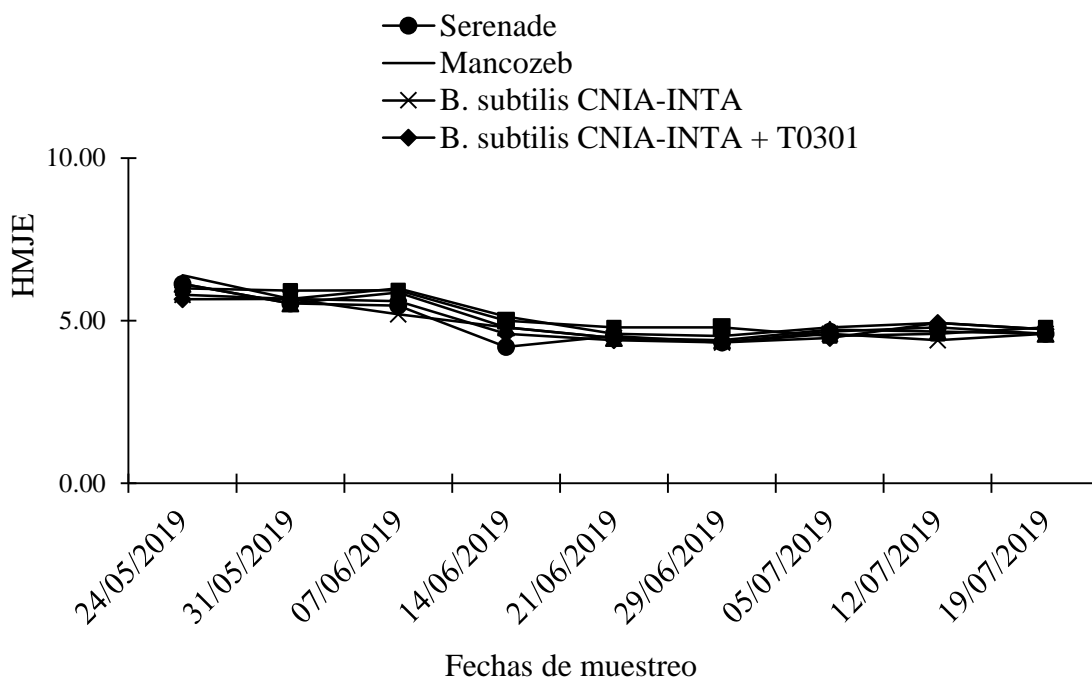


Figura 2. Promedio de hoja más joven enferma con sigatoka negra en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019.

### 5.3 Porcentaje de hojas sanas

Se encontraron diferencias significativas entre tratamiento ( $P=0.0175$ ) y entre fechas ( $P<.0001$ ) El tratamiento químico, presentó un mayor porcentaje de hojas sanas con 32.24 %, seguido de los tratamientos a base de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp cepa T0301 con porcentajes de 31.28 % a 30.88 % esto equivale en números a 4 hojas libre de sigatoka (Anexo 9 y 10).

Con respecto a las fechas, se encontró un mayor promedio de hojas sanas en la primera y segunda fecha del mes de mayo y se mantuvo hasta la primera fecha del mes de junio, con un porcentaje de hojas sanas de 38.03 %. La segunda y tercer fecha del mes de julio, presentaron un porcentaje de 31.26 % y 31.31 % (Anexo 11).

Para obtener una buena producción de racimos de plátanos (Cayon *et al.*, 1994, p.99), las plantas con seis y nueve hojas a floración producen racimos de mayor peso en comparación con plantas que sólo conservaron tres hojas funcionales.

En plátano Dominico-Hartón se encontró que los tercios foliares medio e inferior parecen estar más comprometidos en el llenado del racimo que el tercio superior; por tanto, es recomendable mantener nueve hojas funcionales desde la aparición de la inflorescencia, aunque dejando las seis últimas hojas emitidas es también posible obtener racimos aceptables comercialmente (Cayon *et al.*, 1994, p.99). Según (Nava y Vera, 2004, p.336) “Se entiende que las tres hojas superiores (las más jóvenes) suplen las necesidades de la planta, las hojas más viejas ayudan al crecimiento del racimo”.

Es de gran importancia mantener una buena cantidad de hojas al momento de la floración, (Eckstein y Robinson, 1995) afirman que no todas las hojas contribuyen igualmente al llenado del racimo, siendo mayor la fotosíntesis en las hojas más viejas de la planta de banano que en las más jóvenes.

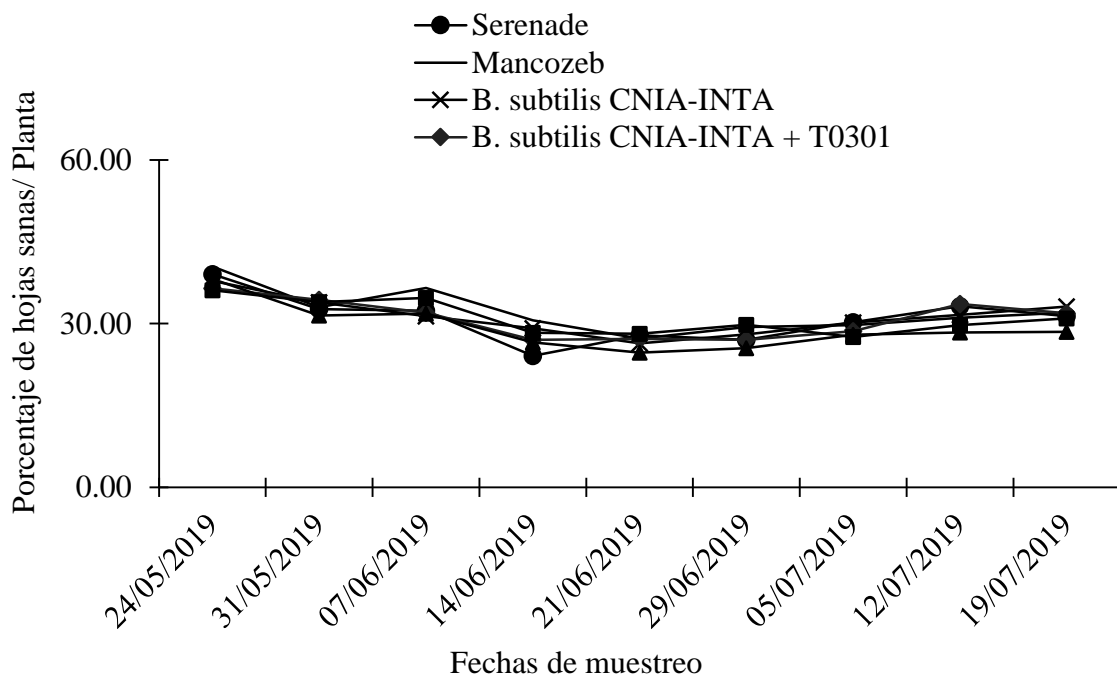


Figura 3. Porcentaje de hoja sanas en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019.



#### 5.4 Porcentaje de incidencia

Se encontró diferencias significativas entre tratamientos ( $P=0.0117$ ) y entre fechas ( $P<.0001$ ). El tratamiento que presentó el menor porcentaje de incidencia fue el químico, con 67.54 %, seguido de los tratamientos a base de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp, donde el porcentaje de incidencia fue de 68.63 % y 70.90 % respectivamente (Anexo 12 y 13).

En la primer fecha de muestreo que fue en la última semana de mayo y en la primera semana de junio se presentó el menor porcentaje de incidencia con variaciones entre 61.96 % y 66.85 %, a partir de la segunda semana de junio hubo un aumento hasta alcanzar su pico más alto que fue el 21 de junio con 73.07 % y comienza a descender en la segunda semana de julio con 68.68 % (Anexo 14).

Este aumento se debió a la presencia de condiciones ambientales favorables debido a la época lluviosa, mientras que el descenso se debe a la reducción del promedio de hoja por planta. Las condiciones climáticas que favorecen la incidencia de la sigatoka son periodos de lluvias intensas intercalados con periodos secos, e incrementos graduales de temperatura (23 a 26 °C) y el incremento en la duración de la película de agua en las hojas (siete a 10 h día<sup>-1</sup>) fue muy importante para la germinación de las esporas (Torrado y Castaño, 2008, p.442).

El tratamiento químico, y los tratamientos a base de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp presentaron porcentaje de incidencia similar. El manejo químico es el más usado para el manejo de sigatoka, pero estos resultados muestran que se puede usar alternativas biológicas con productos a base de microorganismos eficientes para el manejo de algunos patógenos.

El producto MANCOZEB® 80 WP es un fungicida de contacto que pertenece al grupo químico de los alquilenbis (ditiocarbamatos) que actúa preventivamente, alterando las funciones de la membrana celular, inhibiendo la respiración de los hongos. Controla enfermedades fungosas en cultivos de lechuga, acelga, ajo, almendro, apio, arveja, brócoli entre otros (Syngenta, 2019).

Según (Kejela *et al.*, 2016, p.1) en estudios realizados ha mostrado que la cepa de *Bacillus* sp BT42 disminuye la incidencia de *Colletotrichum gloeosporoides* y *F. oxysporum* en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) a 2.8 % y hasta en un cero porciento en relación con los controles de la enfermedad que presentaron una incidencia de 91.7 % y 88.9 %.

Este efecto inhibitor de las especies de *Bacillus* sp sobre hongos que causan enfermedades en las plantas puede estar asociado a la producción de enzimas que actúan en la degradación de la pared celular como las quitinasas y proteasas (Rodas *et al.*, 2009, p.108)

Según (Tejera *et al.*, 2011, p.136), “Las especies del género *Bacillus* presentan ventajas para su utilización en la Biotecnología Agrícola como son la presencia de endosporas, la motilidad que le facilita la colonización de la planta, la capacidad de producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal, sideróforos, solubilización de fosfatos y de sustancias responsables de su actividad antagonica e inhibidora, todo lo cual abre las perspectivas de su utilización en la agricultura sostenible con la consecuente preservación del medio ambiente”.

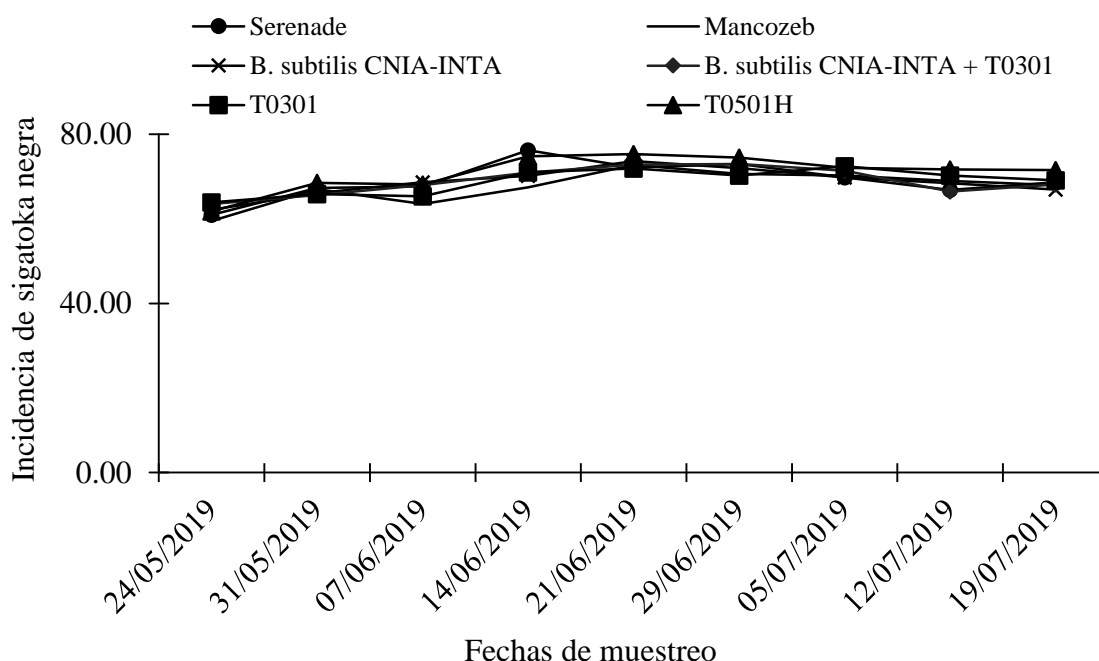


Figura 4. Porcentaje de incidencia de sigatoka negra en cultivo de plátano Tonalá - Chinandega, Mayo a Julio, 2019.

### 5.5 Promedio ponderado de infección

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P=0.6142$ ). Todos los tratamientos presentaron un promedio ponderado de infección de entre 1.29 y 1.19, esto indica que todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en cuanto al control de la enfermedad (Anexo 15 y 16).

Se encontró diferencias significativas entre fechas ( $P < .0001$ ), el 24 y 31 de mayo el promedio ponderado de infección fue menor el cual osciló entre las 0.67 y 0.89. A partir del 07 de julio el promedio ponderado de infección fue en aumento de 1.02 hasta el 19 de julio con 1.63 (Anexo 15 y 17).

(Gonzalez *et al.*, 2016, p.177) “Según estudios reportados el valor de PPI indica el grado de daño o afectación en una plantación específica, éste debe mantenerse por debajo de 0.5 para evitar que la enfermedad cause daños en el rendimiento y calidad del fruto, entre más alto es el valor de PPI, la severidad de la enfermedad es mayor”.

En estudios realizados por (Hernández *et al.*, 2005, p.331), indican que cuando el grado de severidad de la enfermedad aumenta, la posición de la hoja más joven enferma disminuye, debido a que las hojas cercanas a la hoja candela son las que muestran los primeros síntomas por sigatoka negra.

La severidad de la enfermedad se ve influenciada por condiciones ambientales favorables como periodo de lluvia, formación de roció, corrientes de aire, temperatura y cualquier condición que favorezca un microclima dentro de las plantaciones. La lluvia y las gotas de roció provocan la liberación de conidios producida en lesiones de pizca y estría, y ascosporas producida en lesiones de mancha y transportada por corrientes de aire a las primeras cuatro hojas más jóvenes debido a su susceptibilidad. Las ascosporas representan la principal fuente de inóculo de la enfermedad en comparación con los conidios (Stover, 1980).

El municipio de Tonalá según el sistema Köppen-Geiger presenta un clima tropical con temperaturas promedio anuales de 27.3 °C y precipitaciones promedio anuales de 1,870 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2019). Las precipitaciones elevadas y constantes, así como las temperaturas alrededor de 26 °C - 28 °C poseen un marcado efecto sobre los procesos de infección, germinación, penetración del patógeno y liberación de inóculo (Gauhl, Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa sp*) en Costa Rica, UPEB, 1990).

Bajo tales condiciones las esporas germinan en un período de 2-6 horas, formando tubos germinativos que se extienden y ramifican en busca de los estomas (Bronacelly, 2009). En regiones con clima de trópico seco, la mayor descarga de ascosporas ocurre durante la época de

lluvias, mientras que durante la temporada seca la liberación de inóculo es baja (Orozco *et al.*, 2002).

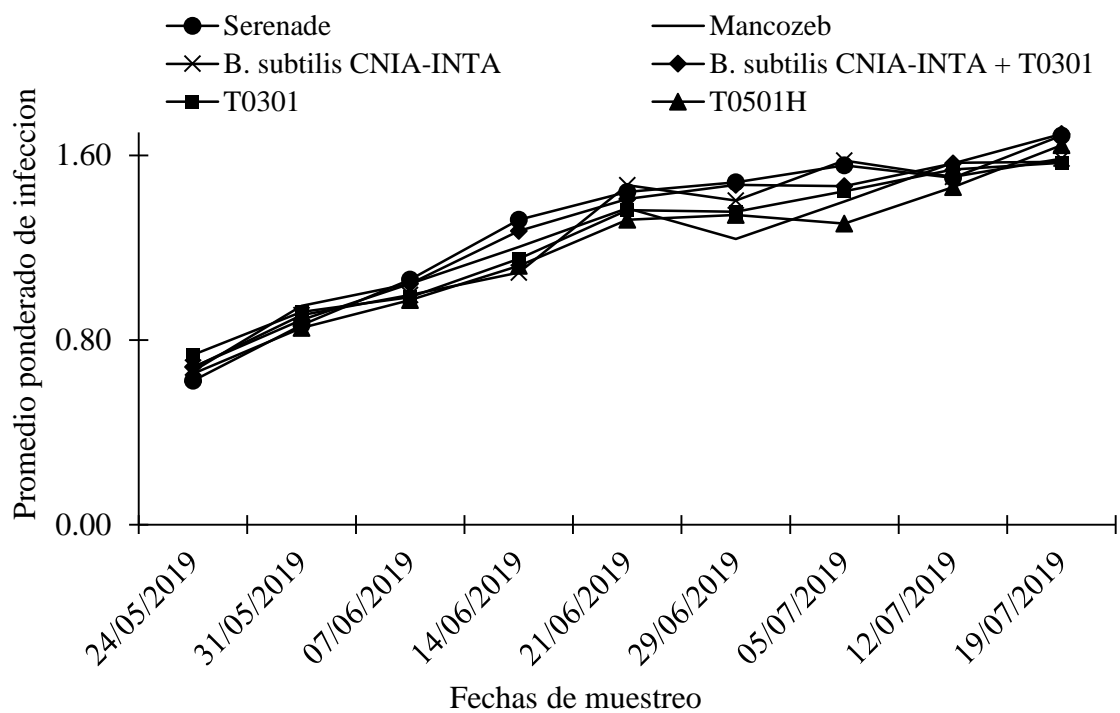


Figura 5. Promedio ponderado de infección en cultivo de plátano Tonalá – Chinandega, Mayo a Julio, 2019.

## **VI. CONCLUSIONES**

Los tratamientos a base de *Trichoderma* sp obtuvieron el mayor promedio de hojas por planta y la hoja más joven enferma en la posición cinco.

El tratamiento químico logró el mayor porcentaje de hojas sanas, la menor incidencia de sigatoka y la hoja más joven enferma en la posición cinco.

Todos los tratamientos obtuvieron el mismo promedio ponderado de infección.

## VII. RECOMENDACIONES

Aplicar alternativas biológicas a base de *Trichoderma* sp y *Bacillus subtilis*, en periodos seco para estimular el crecimiento foliar y reducción de la incidencia y severidad de la sigatoka negra en plátano.

Realizar aplicaciones de productos biológicos en periodos donde el clima no favorezca la enfermedad (periodo seco), ya que esta es altamente influenciada por las condiciones ambientales.

Establecer estudios comparativos en periodo seco y lluvioso haciendo uso de alternativas biológicas.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta, M., Pichardo, T., Roque, B., Cruz, M., Mena, E., Leiva, M., . . . Alvarado, Y. (2013). Antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. (I. d. Plantas, Ed.) *Biotechnología Vegetal*, 13(4). Recuperado el 20 de octubre de 2019, de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/124/481>
- Agrios, G. (1997). *Plant Pathology*. San Diego, California, United State of America: Academic Press.
- Agrios, G. N. (2009). En *Fitopatología* (273-530p). Mexico.
- Alvarez, E., Pantoja, A., Gañan, L., y Ceballos, G. (julio de 2013). *La Sigatoka negra en Banano y Platano*. Recuperado el 18 de Agosto de 2020, de <http://www.fao.org/3/as089s/as089s.pdf>
- Arcila, M., Giraldo, G., y Duarte, J. (2000). Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físicas y químicas durante la maduración del fruto de plátano Dominico-Hartón (Musa AAB Simonds) en la zona cafetera central. (G. Cayón, Ed.) *Poscosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia.*, 101-124p. Obtenido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/85/55>
- Arzate Vega, J., Aceves, M., Casimiro, A., Dominguez Marquez, V. M., y Santos Emestica, O. A. (5 de agosto de 2006). Antagonismo de *Trichoderma* spp. sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, Agente Causal de la. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24(2), 98-104p. Recuperado el 20 de octubre de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/612/61224203.pdf>
- Beattie, G. (2007). Plant-associated bacteria: Survey, molecular phylogeny, genomics and recent advances. En: Gnanamanickan, SS (Ed). *Plant-Associated bacteria*, 1-56p.
- Bennett, R. S., y Arneson, P. A. (2003). *APS*. doi: DOI:10.1094/PHI-I-2005-0217-01
- Bronacelly Horta, H. d. (2009). *Estudio del ciclo de vida de Mycosphaerella fijiensis en tres clones de banano (musa AAA) en tres regiones de la zona bananera del magdalena*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Carcache Pérez, P. (2005). *EVALUACION DEL DESARROLLO DE LA EPIDEMIA DE SIGATOKA NEGRA (MYCOSPHAERELLA FIJIENSIS) BAJO LAS DIFERENTES CONDICIONES CLIMATICAS EN EL DEPARTAMENTO DE LEON, 2003-2004*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA EDGAR MUNGUÍA ALVAREZ, León. Recuperado el 15 de Octubre de 2020, de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/2269>
- Castaño Zapata, J., y Torrado Jaime, M. (2008). Incidencia y severidad de las sigatokas negra (*Mycosphaerella*). *Agronomía Colombia*, 26(3), 435-442p. Recuperado el 8 de Julio de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n3/v26n3a08.pdf>

- Castro Gomez, R. d. (2015). *BIOPRODUCTO A BASE DE UNA CEPA NATIVA DE Trichoderma*. UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS, Agronomía. Santa Clara: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agronomía. Recuperado el 20 de octubre de 2019, de <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7000/2015.%20Tesis%20Dr.%20Rosa%20del%20Pilar%20Castro%20G%c3%bmez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cayon S, G., Lozada Z, J. E., y Belalcazar C, S. (1994). Contribución fisiológica de las hojas funcionales del plátano, *Musa AAB Simmonds* durante el llenado del racimo. 94-103p. Recuperado el 5 de septiembre de 2020, de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34934>
- CENTA. (2010). Guía Técnica. *GUIA TECNICA DEL CULTIVO DEL PLATANO*, 24. Recuperado el 18 de Agosto de 2020, de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PLATANO%202011.pdf>
- Chica, R., Patiño, L., Herrera, H., Jimenez, I., Lizcano, S., y Montoya, J. A. (2004). Impacto y manejo de la Sigatoka Negra en el cultivo del banano de exportación en Colombia. *Memorias XVI Reunión Internacional Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Bananos en el Caribe y la América Latina (ACORBAT)*, Oaxaca, México. Sep 26-oct 01 de 2004, (53-62p). Oaxaca, Mexico. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de [https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN050659\\_spa.pdf&id=9609](https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN050659_spa.pdf&id=9609).
- Churchill, A. C. (2011). *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development and the challenges of control. *Molecular Plant Pathology*(12), 307-328p.
- CLIMATE-DATA.ORG. (7 de septiembre de 2019). Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-norte/nicaragua/chinandega/tonala-30689/>
- Cohn, F. (1872). Untersuchungen Über Bakterien. *Beitrage zur Biologie Pflanz*, 1127-1224p.
- Crop Science. (2020). *Crop Science*. Recuperado el 18 de Agosto de 2020, de <https://www.cropscience.bayer.es/Productos/Biologicos/Serenade-Max.aspx>
- De Waard, M. A., Georgopoulos, S. G., Hollomon, D. W., Ishii, H., Leroux, P., Ragsdale, N. N., & Schwinn, F. J. (1993). Chemical control of plant diseases: problems and prospects. *Annual Review of Phytopathology*, 31, 403-421p.
- Eckstein, K., y Robinson, J. C. (1995). Physiological responses of banana (*Musa AAA Cavendish* sub-group) in the subtropics. I. Influence of internal plant factors on gas exchange of banana leaves. *Revista de Ciencias Hortícola*, 70(1), 147-156p. doi:<https://doi.org/10.1080/14620316.1995.11515284>



- Etubu, E., y Young, W. (2011). Control of black sigatoka disease. *challenges and prospects. Afr. J. Agr. Res*, 6(3), 508-514p. Obtenido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/85/55>
- Fouré, E. (1985a). Black leaf streak disease of bananas and plantains.
- Fouré, E. (1985b). Les Cercosporiose du bananier et leurs traitements. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et plantains á *Mycosphaerella fijiensis* au Gabon. *Fruits*, 40, 393-399p.
- FRAC. (2013). *FRAC Code List ©\*2012: Fungicides sorted by mode of action. Fungicide Resistance Action Committee*. Recuperado el 2013 de enero de 20, de <http://www.frac.info/publication/anhang/FRAC-CodeList2011-final.pdf>
- Gauhl, F. (1990). Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* sp) en Costa Rica, UPEB. 126.
- Gonzalez Pinto, S. F., Escobar, G. J., Murcia Zapata, N., Romero Ceron, M. P., Valencia Vidal, B. A., y Juez Castillo, G. (2016). Validación mediante el Método PPI de un Algoritmo Computacional para la medición automática del área de afectación por Sigatoka negra en imágenes de hojas de plátano del Departamento del Meta, Colombia. 174-179p. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, de <http://www.iiis.org/CDs2016/CD2016Summer/papers/CA783BR.pdf>
- Harman, G. (2000). Myths and dogmas of control. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease.*, 84(4), 377-393p. doi:<https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.4.377>
- Harman, G. (2003). *Trichoderma harzianum*, *T. viridis*, *T. koningii*, *T. hamatum* (Deuteromycetes: Moniliales). Recuperado el 2 de febrero de 2007, de <http://www.ibun.unal.edu.co/r2r7e.html>.
- Harman, G. E. (2004). Mythos and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derive from research on *Trichoderma harzianum* T2. *Plant Dis*(84), 377-393p.
- Hernández G, L., Hidalgo, W., Linares, B., Hernández, J., Romero, N., y Fernandez, S. (2005). Estudio preliminar de vigilancia y pronóstico para sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano (*Musa* AAB cv Hartón) en Macagua-Jurimiquire, estado Yaracuy. *Revista de la Facultad de Agronomía.*, 22(4), 325-339p. Recuperado el 2 de agosto de 2020, de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26587/27213>
- IICA. (2004). Cadena Agroindustrial PLATANO. 57. doi:<http://repiica.iica.int/docs/B0030e/B0030e.pdf>
- Kejela, T., Thakkar, V., y Parth , T. (2016). La especie *Bacillus* (BT42) aislada de *Coffea arabica* L.La rizosfera antagoniza *Colletotrichum gloeosporioides* y *Fusarium*

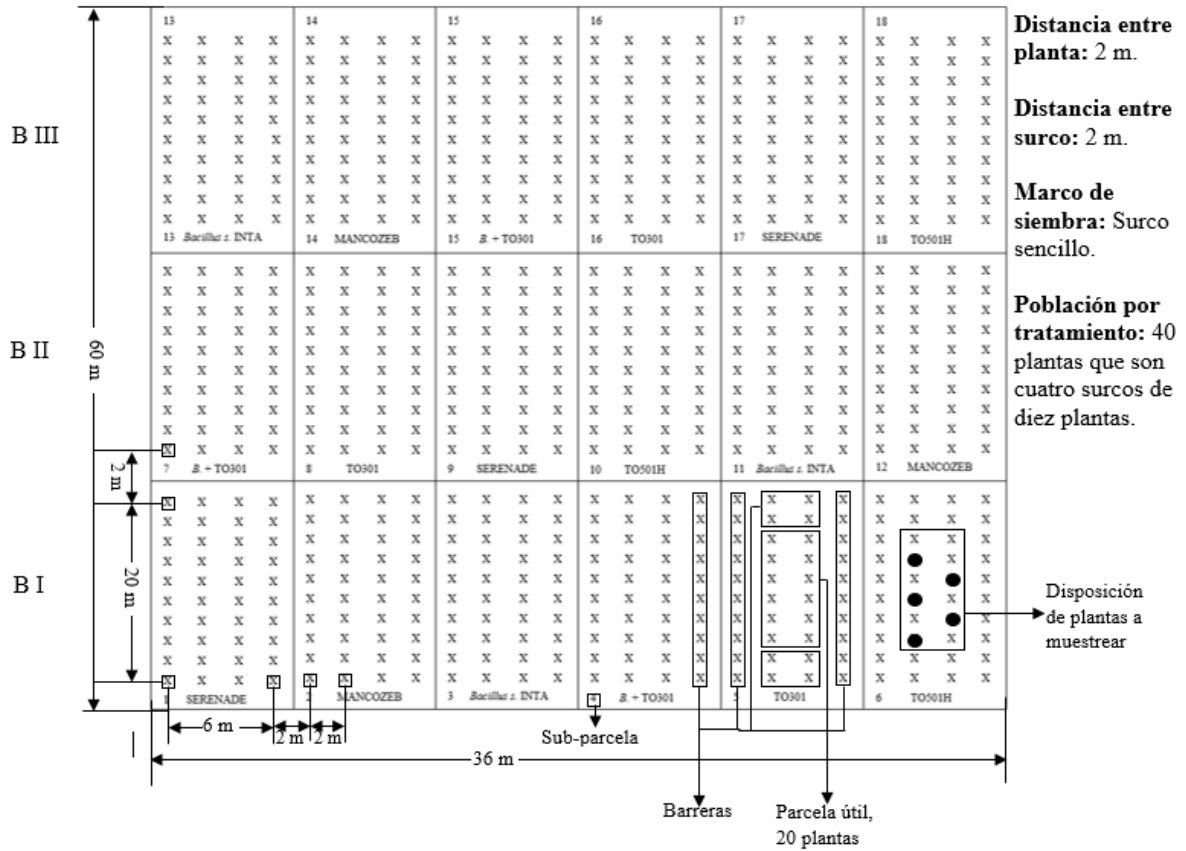
- oxysporum y también exhibe una actividad promotora del crecimiento de múltiples plantas. *BMC Microbiol*, 16(277), 13. doi: <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0897-y>
- Layton, C., Maldonado, E., Monroy, L., Corrales, L. C., y Sanchez, L. C. (2011). *Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos. *Revista NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomédica*, 9, 177-187p. doi: <http://dx.doi.org/10.22490/24629448.501>
- Lorenzo, N. (1994). *Algunos aspectos biológicos de Trichoderma y su posible uso como biocontrol*. Universidad Agraria de la Habana, La Habana.
- Marín, D., Romero, R., Guzmán, M., y Sutton, T. (2003). Black Sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. *Plant disease*, 87(3), 208-222p. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2003.87.3.208>
- Maughan, H., y Van der Auwera, G. (2011). *Bacillus* taxonomy in the genomic era finds phenotypes to be essential though often misleading. *Infection, Genetics and Evolution*, 11, 789-798p. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.02.001>
- Meredith, D., Lawrence, J., y Firman, I. (1973). Ascospore release and dispersal in black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*). *ransaction British Mycological Society*(60), 547-554p.
- Michel A, A. (2001). *Cepas nativas de Trichoderma spp., (Euascomicetes: Hypocreales), su Antibiosis y Micoparasitismo sobre Fusarium subglutinans y F.oxysporum (Hyphomycetes: Hyphales)*. Mexico: Universidad de Colima.
- Montero Villalobos, A., y Venegas Porras, A. (2008). Recuperado el 6 de noviembre de 2019, de <http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Utilizacion%20del%20hongo%20Trichoderma%20una%20alternativa%20para%20producir%20da%20C3%B1ar%20el%20medio%20ambiente.pdf>
- Mourichon, X., y Fullerton, R. A. (1990). Geographical distribution of the two species *Mycosphaerella musicola* Leach (*Cercospora musae*) and *M. fijiensis* Morelet (*C. fijiensis*), respectively agents of sigatoka disease and black leaf streak disease in bananas and plantains. *Fruits* , 213-218.
- Mulder, J. L., y Stover, R. H. (1976). *Mycosphaerella* species causing banana leaf spot. *Transactions of the British Mycological Society* (67), 77-82p.
- Murillo Salas, J. E. (2015). *EFEECTO DE LA SENSIBILIDAD DE Mycosphaerella fijiensis SOBRE LA EFICACIA BIOLÓGICA DE FUNGICIDAS SISTÉMICOS UTILIZADOS CONTRA LA SIGATOKA NEGRA*. Trabajo final de graduación, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA, San Carlos. Recuperado el 1 de Noviembre de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/61001251.pdf>

- Nava, C., y Vera, J. (junio de 2004). Relación del número de hojas a floración y hojas perdidas en el ciclo reproductivo con el peso del racimo en plantas de plátano en presencia de Sigatoka negra. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4), 336-343p. Recuperado el 7 de julio de 2020, de <http://docplayer.es/79513196-C-nava-1-y-j-vera-2-universidad-del-zulia-facultad-de-agronomia-instituto-de-investigaciones-agronomicas-venezuela-resumen.html>
- Orozco Santos, M., FaríasLarios, J., Manzo Sánchez, G., y Guzmán González, S. (2002). Manejo integrado de la Sigatoka negra. Crtagena de Indias, Colombia. Recuperado el 2020 de julio de 29
- Orozco Santos, M., Orozco Romero, J., Pérez Zamora, O., Manzo Sánchez, G., Farías Larios, J., y Silva Moraes, W. W. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en. *Tropical Plant Pathology*, 33(3), 189-196p. Recuperado el 2 de Noviembre de 2020, de <https://www.scielo.br/pdf/tpp/v33n3/a03v33n3.pdf>
- Parets, S. E. (2002). Evaluación agronómica de la coinoculación de micorrizas arbusculares, *Rhizobium phaseoli* y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Tesis en opción al grado de Máster en Ciencias Agrícolas*. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. Recuperado el 7 de julio de 2020, de [https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/40/pdf\\_24/](https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/40/pdf_24/).
- Rivera, I. (31 de Octubre de 2019). Nicaragua potenciará producción del plátano, banano y guineo. (L. Umaña, Entrevistador) Tipitapa, Managua. Recuperado el 2020 de Agosto de 18, de <https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:96088-nicaragua-potenciara-produccion-del-platano-banano-y-guineo>
- Rodas Junco, B. A., Quero Bautista, M., Magaña Sevilla, H. F., y Reyes Ramirez, A. (julio de 2009). Selección de cepas nativas con actividad QuitinoProteolítica de *Bacillus* sp. aisladas de suelos tropicales. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XI(1), 107-113p. Recuperado el 5 de octubre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/776/77612900011.pdf>
- Rodríguez, F., Stefanova, M., y Gómez, U. (1998). Efecto del biopreparado de *Trichoderma harzianum* (Rifai) contra *Pseudoperonospora cubensis* (Bert. y Curt.) Rostov y Erisiphe cichoracearum D. C. en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Fitosanidad*, 2(1-2), 41-43p.
- Ruiz Sanchez, E., Mejia Bautista, M., Cristobal Alejo, J., Valencia Botin , A., y Reyes Ramirez, A. (2014). Actividad antagónica de filtrados de *Bacillus subtilis* contra *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.). *Mexicana de Ciencias Agrícola*, 5(7), 1325-1332p. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n7/v5n7a15.pdf>
- Sagder, J. (1995). *Manual Operativo para el Control de la Sigatoka Negra del Plátano Mycosphaerella fijiensis Morelet en México*. D. F, Mexico.

- Setlow, P. (2006). Spores of *Bacillus subtilis*: their resistance to and killing by radiation, heat and chemicals. *Journal of Applied Microbiology*, 101(3), 514-525p.
- Stover. (1980). Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. . *Plant Disease*, 64, 750-755p.
- Stover, R. (1971). A proposed international scale for stimating intensity of banana leaf sport. *tropical Agriculture*, 48, 185-196p.
- Stover, R. H., y Dickson, J. D. (1976). Banana leaf spot caused by *Mycosphaerella musicola* and *M. fijiensis* var. *difformis*: a comparison of the first Central American epidemics. . *FAO Plant Protection Bulletin*(24), 36-42p.
- Syngenta. (07 de 02 de 2019). *Syngenta*. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, de [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/mancozeb\\_80\\_wp\\_07-02-2019.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/mancozeb_80_wp_07-02-2019.pdf)
- Tejera Hernandez, B., Rojas Badia, M. M., y Heydrich Perez, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos. *CENIC Ciencias Biológicas*, 42(3), 131-138p. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de [https://www.researchgate.net/publication/237027215\\_Potencialidades\\_del\\_genero\\_Bacillus\\_en\\_la\\_promocion\\_del\\_crecimiento\\_vegetal\\_y\\_el\\_control\\_biologico\\_de\\_hongos\\_fitopatogenos](https://www.researchgate.net/publication/237027215_Potencialidades_del_genero_Bacillus_en_la_promocion_del_crecimiento_vegetal_y_el_control_biologico_de_hongos_fitopatogenos)
- Torrado, J., y Castaño, Z. (5 de noviembre de 2008). Incidencia y severidad de las sigatokas negra (*Mycosphaerella*). *Agronomía Colombiana*, 26(3), 435 – 442p. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n3/v26n3a08.pdf>
- Villegas, M. A. (2005). *Trichoderma Pers. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible*. Recuperado el 28 de octubre de 2008, de Orius Biotecnología: [http:// www.oriusbiotecnologia.com/site/ index.php?id=20,66,0,0,1,0](http://www.oriusbiotecnologia.com/site/index.php?id=20,66,0,0,1,0).
- Wang, X., Wang, L., Wang, J., Jin, P., Liu, H., y Zheng, Y. (11 de moviembрте de 2014). *Bacillus cereus* AR156-Induced Resistance to *Colletotrichum acutatum* Is Associated with Priming of Defense Responses in Loquat Fruit. *PLoS ONE*, 9(11). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112494>

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo.



Anexo 2. Hoja de muestreo de sigatoka negra.

Muestreo de Sigatoka Negra																															
Finca:							Fecha:							Tratamiento:																	
		No. De la Hoja con Mancha																		Grado de Infección											
	Planta No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	No. Hojas	HMJE	0	1	2	3	4	5						
Sub-parcela 1	1																														
	2																														
	3																														
	4																														
	5																														
Sub-parcela 2	6																														
	7																														
	8																														
	9																														
	10																														
Sub-parcela 3	11																														
	12																														
	13																														
	14																														
	15																														
																		Total													
																		Promedio %													

Anexo 3. Análisis de varianza para promedio de hoja por planta, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fuente	Gl	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Trat	5	34.66567901	6.93313580	4.28*	0.0015
Bloq	2	11.18864198	5.59432099	3.46*	0.0358
Fec	8	94.96493827	11.87061728	7.34	<.0001
Bloq* Trat	10	1.50913580	0.09432099	0.06 NS	1.0000
Trat*Fec	40	8.65876543	0.21646914	0.13 NS	1.0000
Error	96	145.6488889	1.6183210		
Total correcto	161	296.6360494			
R2: 0.508998	CV: 9.789353				

Anexo 4. Separación de medias para promedio de hojas por planta, Tonalá-Chinandega, 2019.

Tratamientos	Media	Grupo
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0501H	13.7556	A
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	13.4148	AB
MANCOZEB® 80 WP	13.0148	AB
SERENADE® ASO 1,34 SC	12.6963	B
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA + <i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	12.6741	B
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA	12.4148	B

Anexo 5. Separación de medias de fecha para promedio de hojas por planta, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fechas	Medias	Grupo
3	14.0333	AA
2	14.0333	A
4	13.5333	BB
1	13.2333	BB
5	13.2000	B
7	12.6000	CC
6	12.4667	C
8	12.0222	DD
9	11.8333	D

Anexo 6. Análisis de varianza para promedio hoja más joven enferma, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fuente	Gl	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Trat	5	2.39333333	0.47866667	2.30	0.0510
Bloq	2	0.40444444	0.20222222	0.97	0.3817
Fec	8	50.70222222	6.33777778	30.51	<.0001
Bloq* Trat	16	0.87111111	0.05444444	0.26	0.9980
Trat*Fec	40	3.79555556	0.09488889	0.46	0.9966
Error	90	18.69777778	0.20775309	3.94	
Total correcto	161	76.86444444			
R2: 0.756743	CV: 9.082350				

Anexo 7. Separación de medias para promedio hoja más joven enferma, Tonalá-Chinandega, 2019.

Tratamientos	Media	Grupo
MANCOZEB® 80 WP	5.2000	A
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	5.1556	A
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0501H	5.0222	A
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA + <i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	4.9407	A
SERENADE® ASO 1,34 SC	4.9185	A
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA	4.8741	A

Anexo 8. Separación de medias de fecha para promedio hoja más joven enferma, Tonalá - Chinandega, 2019.

Fechas	Medias	Grupo
1	6.02222	A
3	5.67778	BB
2	5.66667	B
4	4.75556	CC
8	4.72222	DC
9	4.67778	DC
7	4.64444	DC
5	4.54444	DDC
6	4.45556	D



Anexo 9. Análisis de varianza para porcentaje de hojas sanas, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fuente	Gl	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Trat	5	126.684670	25.336934	2.91	0.0175
Bloq	2	12.308064	6.154032	0.71	0.4958
Fec	8	1822.372027	227.796503	26.17	<.0001
Bloq* Trat	16	27.831602	1.739475	0.20	0.9996
Trat*Fec	40	247.894647	6.197366	0.71	0.8839
Error	90	783.294800	8.703276		
Total correcto	161	3020.385810			
R2: 0.740664	CV: 9.536701				

Anexo 10. Separación de medias para porcentaje de hojas sanas, Tonalá-Chinandega, 2019.

Tratamientos	Media	Grupo
MANCOZEB® 80 WP	32.2385	A
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA	31.2844	AB
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	31.0304	AB
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA + <i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	30.9222	AB
SERENADE® ASO 1,34 SC	30.8874	AB
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0501H	29.2441	B

Anexo 11. Separación de medias de fecha para porcentaje de hojas sanas, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fechas	Medias	Grupo
1	38.0350	A
2	33.2422	BB
3	33.1428	B
9	31.3128	CC
8	31.2622	C
7	29.0617	DD
6	27.7994	DE
4	27.6250	DE
5	26.9244	E

Anexo 12. Análisis de varianza para incidencia, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fuente	Gl	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Trat	5	160.124027	32.024805	3.14	0.0117
Bloq	2	19.659394	9.829697	0.96	0.3852
Fec	8	1754.654972	219.331871	21.51	<.0001
Bloq* Trat	16	23.640762	1.477548	0.14	1.0000
Trat*Fec	40	292.349562	7.308739	0.72	0.8793
Error	90	917.661444	10.196238		
Total correcto	161	3168.090160			
R2: 0.710342	CV: 4.628398				

Anexo 13. Separación de medias para incidencia, Tonalá-Chinandega, 2019.

Tratamientos	Media	Grupo
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0501H	70.9004	A
SERENADE® ASO 1,34 SC	69.1430	AB
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	68.8700	AB
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA + <i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	68.8519	AB
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA	68.6367	AB
MANCOZEB® 80 WP	67.5411	B

Anexo 14. Separación de medias de fecha para incidencia, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fechas	Medias	Grupo
5	73.0756	AA
6	72.2006	AB
4	71.7306	ABB
7	70.9383	B
8	68.7378	CC
9	68.6828	C
3	66.8572	DD
2	66.7261	D
1	61.9656	E

Anexo 15. Análisis de varianza para promedio ponderado de infección, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fuente	gl	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Trat	5	0.15322531	0.03064506	0.71	0.6142
Bloq	2	0.54831975	0.27415988	6.39	0.0025
Fec	8	14.81413827	1.85176728	43.17	<.0001
Bloq* Trat	16	0.22935802	0.01433488	0.33	0.9920
Trat*Fec	40	0.40353580	0.01008840	0.24	1.0000
Error	90	3.86078889	0.04289765		
Total correcto	161	20.00936605			
R2: 0.807051	CV: 16.61288				

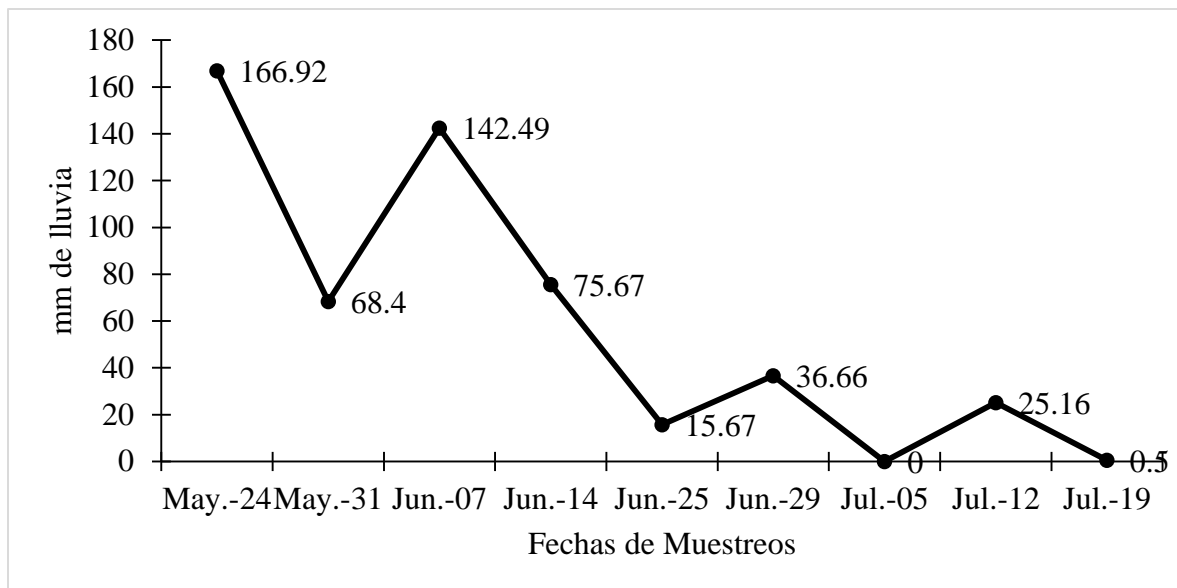
Anexo 16. Separación de medias para promedio ponderado de infección, Tonalá-Chinandega, 2019.

Tratamientos	Media	Grupo
SERENADE® ASO 1,34 SC	1.28667	A
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA + <i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	1.27593	A
<i>Bacillus subtilis</i> cepa CNIA-INTA	1.25037	A
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0301	1.24481	A
MANCOZEB® 80 WP	1.23000	A
<i>Trichoderma</i> sp cepa T0501H	1.19259	A

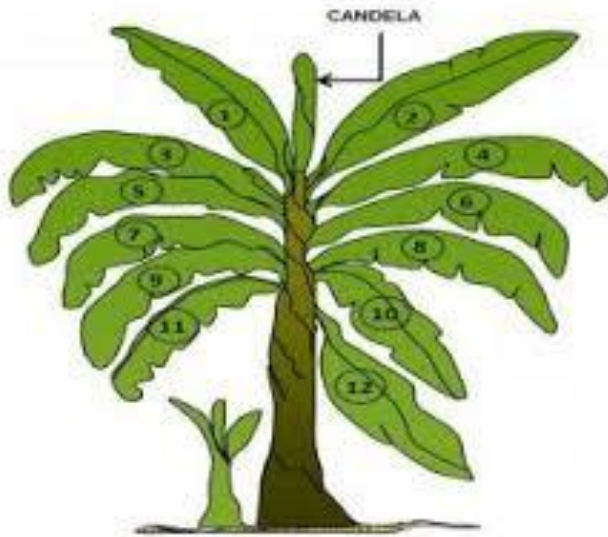
Anexo 17. Separación de medias de fecha para promedio ponderado de infección, Tonalá-Chinandega, 2019.

Fechas	Medias	Grupo
9	1.62556	AA
8	1.52389	ABB
7	1.46667	BB
5	1.40722	BB
6	1.40167	B
4	1.20444	C
3	1.02222	DD
2	0.89611	D
1	0.67278	E

Anexo 18. Registro de precipitaciones en mm, del 20 de Mayo a 19 de julio, Tonalá-Chinandega, 2019.



Anexo 19. Representación esquemática del conjunto de hojas en una planta de Plátano.



La hoja más joven enferma, es aquella que presenta sobre el envés el segundo estadio de la enfermedad y es visible desde el suelo; Entre más alejada se encuentre de la hoja candela la incidencia y severidad es menor.