

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN**

**UNAN-LEON**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIA  
INGENIERÍA EN AGROECOLOGÍA TROPICAL**



**Trabajo presentado como requisito para optar al título de ingeniería en Agroecología Tropical.**

Evaluar patogenicidad de marchites por *Fusarium oxisporum cubense raza 1*, en plantas de banano rosa (ABB), Pisang Ceilan (AAB), guineo cuadrado criollo (Bluggoe ABB), ubicadas en la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, UNAN-León 2023.

**Autores**

- Br. Heidi Antonio Martínez Reyes
- Br. Gabriel Ezequiel Carvajal Laínez

**Tutor:** M.Sc. Juan Duley Castellón.

**Asesora:** Lic. Noelia Cea Navas

**León, Nicaragua, 2023**

**2023: Todos y Todas Juntos Vamos Adelante**

## INDICE GENERAL

Dedicatoria .....	vi
Agradecimiento .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	4
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
4.1. Cultivo de musáceas .....	5
4.1.1. Características generales de las musáceas .....	5
4.1.2. Variedades de musáceas .....	7
4.3. Banano manzano (grupo ABB). .....	8
4.4. Guineo cuadrado criollo (ABB). .....	8
4.5. Pisang Ceilan .....	8
4.6. Enfermedades de banano .....	8
4.7. Mal de panamá .....	8
4.7.1. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Cubense</i> , raza 1 .....	9
4.7.2. Morfología .....	10
4.7.3. Agresividad .....	10
4.7.4. Síntomas internos y externos .....	11
4.7.5. Alternativas de manejo .....	12
<b>V. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	13
5.1. Descripción de la zona de estudio .....	13
5.2. Tipo de estudio .....	13
5.3. Diseño experimental .....	13
5.4. Definición y medición de las variables .....	14
Toma de muestras .....	18
Número de muestras .....	18
5.6. Establecimiento del experimento .....	18
5.6.1. Selección de plantas enfermas con <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Cubense</i> . .....	18
5.6.2. Aislamiento de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> de plantas de banano enfermas, del cultivar de Banano Roza/Manzano (ABB). .....	18
5.6.4. Preparación del sustrato .....	19
5.6.5. Desinfección de maceteras .....	19

5.6.6. Desinfección de cormos .....	19
5.6.7. La siembra en maceteras de plásticos. ....	19
5.6.8 Preparación de la suspensión de esporas de <i>Fusarium oxysporum f. sp. Cubense</i> . ....	20
5.6.9. Inoculación de plántulas de banano del cultivar Banano Rosa/Manzano (ABB), Pisang Ceyalan (AAB), guineo cuadrado criollo (Bluggoe ABB) con el aislamiento de <i>Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza 1</i> .....	20
5.6.10. Evaluación de los síntomas externos e internos y parámetros de crecimientos de la enfermedad marchitez por <i>Fusarium</i> en las plántulas de banano del cultivar Banano Rosa/Manzano (ABB), Pisang Ceyalan (AAB), guineo cuadrado criollo (Bluggoe ABB).....	20
5.7. Análisis de datos .....	21
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	22
6.1. Caracterización de los aislamientos de <i>Fusarium oxysporum f. sp. cubense</i> raza 1.....	22
6.2. Parámetros de crecimiento .....	23
6.3. Patogenicidad .....	38
6.3.1. Incidencia .....	38
6.4. Severidad.....	40
6.5. Resistencia.....	43
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	44
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	45
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>X. ANEXO</b> .....	50

## INDICE DE TABLA

Tabla 1. Variedades de musáceas a nivel nacional. ....	7
Tabla 2 .Clones presentes en nicaragua.....	7
Tabla 3. Concentración vs variedades. ....	13
Tabla 4. Escala de evaluación de síntomas provocados por fusarium oxysporum f. sp. cubense raza1. orgeda (1998) citado por darce (20013).....	17
Tabla 5. Análisis de varianza de la altura .....	23
Tabla 6. Comparación de medias n.s.k para altura en las variedades.....	24
Tabla 7. Comparación de medias n.s.k para altura en los tratamientos.....	24
Tabla 8. Análisis de varianza para diámetro.....	26
Tabla 9.Comparación de medias n.s.k para diámetro en las variedades .....	26
Tabla 10. Comparación de medias n.s.k para diámetro en los tratamientos.....	27
Tabla 11. Análisis de varianza para numero de hojas.....	28
Tabla 12. Comparación de medias n.s.k para número de hojas en las variedades .....	29
Tabla 13. Comparación de medias n.s.k para número de hojas en las variedades .....	29
Tabla 14. Análisis de varianza para largo de la hoja .....	31
Tabla 15. Comparación de medias n.s.k para largo de hojas en las variedades .....	31
Tabla 16. Comparación de medias n.s.k para largo de hojas en los tratamientos .....	32
Tabla 17. Análisis de varianza para ancho de la hoja.....	33
Tabla 18. Comparación de medias n.s.k para ancho de hojas en las variedades .....	33
Tabla 19. Comparación de medias n.s.k para ancho de hojas en los tratamientos .....	34
Tabla 20. Análisis de varianza para largo del peciolo .....	35
Tabla 21. Comparación de medias n.s.k para largo del peciolo en las variedades.....	36
Tabla 22. Comparación de medias n.s.k para largo del peciolo en los tratamientos.....	36
Tabla 23. Análisis de varianza para incidencia.....	38
Tabla 24. Comparación de medias n.s.k para incidencia en las variedades .....	38
Tabla 25. Comparación de medias n.s.k para incidencia en los tratamientos .....	39
Tabla 26. Análisis de varianza para severidad.....	40
Tabla 27. Comparación de medias n.s.k para severidad en las variedades .....	41
Tabla 28. Comparación de medias n.s.k para severidad en los tratamientos .....	41
Tabla 29. Operacionalización de la variable .....	50
Tabla 30. Presupuesto.....	51

## INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Altura de las plantas en el tiempo.....	25
Grafica 2. Diámetro de las plantas en el tiempo .....	27
Grafica 3. Numero de hojas.....	30
Grafica 4. Largo de la hoja.....	32
Grafica 5. Ancho de hojas .....	34
Grafica 6. Largo del peciolo.....	37
Grafica 7. Incidencia .....	39
Grafica 8. Severidad.....	42

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Botánica de las musáceas.....	6
Figura 2. Crecimiento radial de fusarium.....	22
Figura 3. Estructura reproductora de fusarium. A) clamidosporas, b) microconidias, c) macroconidias. ....	22
Figura 4. Inoculación de fusarium identificación de estructuras reproductivas de fusarium.....	53
Figura 5. Inoculación de fusarium.....	53
Figura 6. Identificación de síntomas .....	53
Figura 7. Hoja de muestreo para banano de rosa .....	54
Figura 8. Hoja de muestreo para pisang ceilan .....	54
Figura 9. Hoja de muestreo para guineo cuadrado.....	55

## **Dedicatoria**

Le dedico este trabajo a Dios por la salud y la vida que me regalo y todos los seres queridos como mi familia, mis padres y hermano como también mis amigos, quienes siempre, me estuvieron motivando y colaborando de algún modo, proporcionándome las herramientas necesarias, haberme aconsejado, brindarme su confianza, durante el transcurso de mi carrera y vida universitaria, a los docentes por su enseñanza en las aulas de clases, y a todas las personas que me apoyaron y que de alguna manera me ayudaron a culminar mis estudios universitarios.

Br. Heidi Antonio Martínez Reyes  
Br. Gabriel Ezequiel Carvajal Laínez

## **Agradecimiento**

A Dios: por regalarme la salud y la vida, por darme la confianza y firmeza para poder culminar mi carrera.

A mis padres y hermano: por brindarme todo su apoyo durante mi vida universitaria.

Al tutor: Juan Castellón por ser guía en mi trabajo de tesis, desde que solo era una idea hasta culminar la tesis.

A la asesora: Noelia Cea Navas por brindarnos su ayuda en el análisis estadístico de la investigación.

A la ECAV de la UNAN-León por proporcionarme el espacio necesario para realizar mi trabajo de tesis.

A Don Mariano por proporcionarme los cormos de musáceas evaluados en el presente trabajo.

Al FSLN, por hacer posible la educación superior a la clase menos favorecida, como es a los hijos de obreros y campesinos.

Br. Heidi Antonio Martínez Reyes  
Br. Gabriel Ezequiel Carvajal Láinez

## Resumen

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar la patogenicidad de *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense*, raza 1 en variedades de, banano rosa (ABB), pisang ceilan (AAB), guineo cuadrado criollo (ABB), para determinar su susceptibilidad y resistencia, durante dos meses. Se aisló *fusarium oxysporum* raza 1 de plantas con síntomas típicos de la enfermedad en banano rosa, en la Escuela de Ciencias Agraria y Veterinarias, UNAN-León, y se inoculo con dos concentraciones de inóculos, en plántulas establecidas en maceteras, donde a partir de la cuarta semana de evaluación empezaron a aparecer los primeros síntomas, obteniendo en el análisis de varianza, que no existe diferencia significativa del patógeno sobre las variables de parámetros de crecimientos, esto significa que *Fusarium oxysporum* raza 1 no hace efecto significativo sobre el desarrollo de las plantas, mientras que para patogenicidad, incidencia y severidad si existe diferencia significativa, lo que indica que el patógeno se comportó diferente en cada variedad y tratamiento, obteniendo que la media de los porcentajes de incidencia de la enfermedad en las tres variedades evaluadas, en donde se obtuvo una incidencia de 50.8% para guineo cuadrado con el tratamiento dos y 36.9% para el tratamiento uno, en el banano de rosa la mayor incidencia fue de 30.8% para el T2 seguido de 24.6% para el T1, y en la variedad pisang ceilan fue donde hubieron 15.4% de incidencia para ambos tratamientos siendo estos los datos, más bajos. En severidad los datos obtenidos fueron, guineo cuadrado con 22.8% en T2 y 15% en T1, seguido de Banano rosa con 9.7% en T2 y 6.6% en T1, mientras que pisang ceilan con 5.1% en T1 y T2, siendo pisang ceilan la variedad que mostró mayor resistencia en comparación con las variedades estudiadas, siendo esta una alternativa de producción más segura para los productores de bananos a nivel de patio.

## I. INTRODUCCIÓN

FAO (2004), señala que la producción de musácea es el cuarto rubro más importante después del arroz, el trigo y el maíz, para la seguridad alimentaria y contribuye a la economía de las regiones tropicales. La mayor parte de la producción mundial de banano procede de parcelas pequeñas y huertos familiares, la mayoría de la producción se destina al autoconsumo, y comercio local. (PNCL-DH. 2022) En Nicaragua la producción de musáceas es uno de los rubros de mayor demanda para el consumo interno, es un rubro que forma parte de la dinamización socioeconómica del país, para la cual es preciso aumentar su producción.

INFOMUSA, (2001) Estima que los daños por enfermedades en musáceas pueden ocasionar pérdidas económicas a productores de hasta un 70%. Según (Dita, et al.2013 & Grimbeeketal 2001) citado por (Corbana, 2017) *Fusarium oxysporum.sp. cubense* (Foc), es una de las enfermedades más destructivas en la historia de la agricultura, está asociada al cultivar susceptible Gros Michel, los de menor importancia son los cultivares resistentes. Según, Thourston, & Galindo (1989). En América central en los años 50, más de 40 mil hectáreas de banano fueron destruidas.

Bioversity international (2013) Realizaron estudios sobre la presencia de mal de Panamá en Jinotega y Matagalpa, Nicaragua donde determinaron que los productores desconocían los síntomas típicos de la enfermedad, a pesar que la enfermedad estaba presente en plantaciones de banano Gros michel.

Castillo (2021) encontró en Rivas, Nicaragua, en plantaciones de guineo cuadrado hasta un 50% de incidencia de la enfermedad. Darce (2013) evaluó Gros michel y FHIA-17 demostrando que Gros michel presento mayor porcentaje en síntomas externos de 44% mientras que FHIA-17 presentó un menor porcentaje de 17%, en síntomas externos.

Flores (2019) investigó control biológico de la marchitez por *Fusarium oxysporum* Raza 1, utilizando té de compost, *Trichoderma sp.* y *Bacillus subtilis*, en plantas de banano del cultivar Gros michel bajo condiciones de invernadero, con el objetivo de determinar el efecto de dichos tratamientos sobre el vigor de las plantas y la incidencia y severidad de la marchitez por fusarium,

la inoculación de organismo benéficos fue sumergir las raíces de plantas a los 15 días, a una concentración de  $1 \times 10^6$ , para la inoculación de *fusarium* consistió en aplicar encima de granos de arroz 10mm de la concentración  $1 \times 10^6$ . Para el compost se aplicó 10 ml por cada unidad experimental. El resultado fue que el testigo mostró un 100% de incidencia, *Trichoderma* un 90 %, *Trichoderma* más té de compost un 20%, el té de compost un 80%, *Bacillus subtilis* tuvo un 70% y el testigo absoluto 0%. En conclusión, el té de compost y *Bacillus subtilis* mostraron mayor inhibición del hongo.

Thourston, & Galindo (1989) señalan que se ha estudiado el control químico para este patógeno y no han sido exitoso. Lara (2009) & Caballero et al. (2011) evaluaron el biocontrol con hongos y bacterias endofíticas en la cual no demostraron control total del patógeno. Dita et al (2018) señala que la búsqueda de efectividad sobre manejo de *Fusarium* solo puede lograrse con cultivares resistentes. Las prácticas químicas, biológicas y culturales se han categorizado como no efectivas.

Esta investigación pretende estudiar y caracterizar síntomas externos e internos que causa la enfermedad *Fusarium oxisporum Cubense* raza 1, en las variedades de banano de rosa/manzano (ABB), pisang ceilan (AAB), guineo cuadrado criollo (ABB) ya que continúan afectando a fincas con estos cultivares, y los productores desconocen la patogenicidad de este hongo, por lo cual se tiende a confundir, con deficiencia nutricional, deficiencia hídrica u otras causas.

Este trabajo de investigación será parte de la búsqueda de alternativas de control sobre la enfermedad (*Fusarium oxisporum Cubense* raza 1), en las variedades ya mencionadas, donde se pretende identificar la variedad con más resistencia a *Fusarium* raza 1, y con ello tener más alternativas en decisiones sobre manejo agronómico, para evitar la diseminación de la enfermedad de una planta a otra e incluso de una finca a otra.

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

✓ Evaluar patogenicidad de *Fusarium oxysporum Cubense*, raza 1 en variedades de, banano rosa (ABB), pisang ceilan (AAB), guineo cuadrado criollo (ABB) en la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias UNAN-León, 2023

### **Objetivos Específicos**

- Determinar patogenicidad de *Fusarium oxysporum Cubense* raza 1, sobre parámetros de crecimiento en variedades de musáceas en estudio.
- Evaluar incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum Cubense* raza 1. en las variedades de musáceas.

### **III. HIPÓTESIS**

**Hi.** Los síntomas de *Fusarium oxysporum* *Cubense*, raza 1 en banano rosa, se presentan con mucha agresividad, disminuyendo su potencial óptimo de desarrollo, mostrando marchitez en las hojas.

**Ho.** Las variedades, banano rosa (ABB), pisang ceilan (AAB), guineo cuadrado criollo (ABB, no presentaran diferencia significativa en cuanto a la agresividad de patógeno, *Fusarium oxysporum* *Cubense*, raza 1.

**Ha.** En al menos una de las variedades, banano rosa (ABB), pisang ceilan (AAB), guineo cuadrado criollo (ABB presentara diferencia significativa en cuanto a la agresividad del patógeno, *Fusarium oxysporum* *Cubense*, raza 1.

## **IV. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. Cultivo de musáceas**

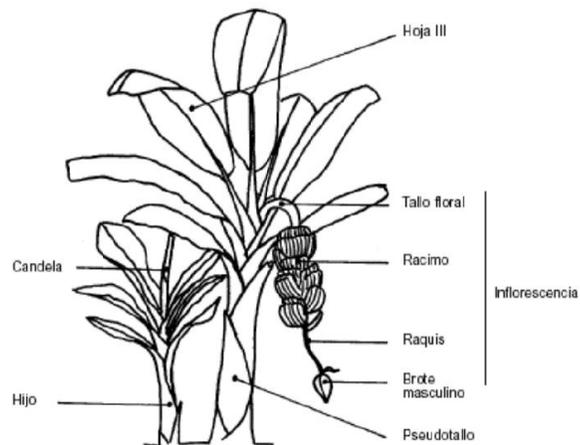
Blanco & Carcache (2007), mencionan que las musáceas (plátano, guineo y banano) son cultivos que se desarrollan en ambientes tropicales, poseen muy buena aceptación en el mercado de frutas frescas y agroindustria, razón que les provee alta importancia económica y de seguridad alimentaria en los países centroamericanos. La siembra de las musáceas en Nicaragua, son actividades generadoras de empleo desde la época de los 50's con el auge del banano.

La producción de musáceas en Nicaragua se realiza durante todo el año, se cultivan diversos tipos de musáceas, entre ellas plátano cuerno gigante, plátano cuerno enano, banano, guineo, guineo pelipita, guineo caribe y guineo rosa. La producción de plátano se concentra en los departamentos de Chinandega, León, Managua y Rivas (CNP, 2018). En Nicaragua los cultivos de plátano, banano y guineo son un complemento esencial para la alimentación y nutrición diaria de gran parte de las familias nicaragüenses y representan una alternativa para la diversificación de fincas y la economía familiar campesina (INTA, 2020).

El gobierno de reconciliación y unidad nacional con las instituciones como el INTA, MAG, promueven estrategias para la producción de musáceas, para la seguridad alimentaria de nuestro país, promoviendo la innovación y programas de producción de plántulas in vitro, que son sanas y libre de patógenos.

#### **4.1.1. Características generales de las musáceas.**

La planta de plátano está formada por el sistema radicular, el corno o rizoma, el sistema foliar y la inflorescencia que da origen al racimo (Navia 2011).



**Figura 1. Botánica de las musáceas**

*Fuente: Champion,(1963) citado por contreras (2006)*

Mercado et al. (1997), determinaron que la fenología de esta especie consta de tres fases: la primera es la fase vegetativa; que comprende la brotación, la formación de cormo superior, la emisión de raíces, desarrollo de los colinos, crecimiento del pseudotallo, emisión de hojas y la diferenciación floral. La segunda fase es la reproductiva; se caracteriza fundamentalmente por la diferenciación de las flores masculinas y femeninas. La tercera fase es la productiva; inicia con el proceso de diferenciación hasta finalizar con la cosecha. Las musáceas no producen semilla verdadera por lo que su multiplicación es a través de material vegetativo ya sean estas cepas o cormos, plantas in vitro.

Las musáceas tienen un tallo verdadero que es considerado botánicamente como el rizoma, y tallo aéreo considerado un falso tallo, se consideran herbáceas con sistema de raíces superficial, acumulándose la mayor cantidad a la profundidad de 30cm.

#### 4.1.2. Variedades de musáceas

*Tabla 1. Variedades de musáceas a nivel nacional.*

<b>Tipos y clones de chagüites</b>	<b>Grupo genético</b>	<b>Días a cosecha</b>
<b>Plátanos</b>		
<b>Cuerno o criollo</b>	ABB	350-380
<b>Dominico</b>	AAB	360-390
<b>Enano</b>	AAB	350-380
<b>Guineos</b>		
<b>Cuadrado o criollo</b>	ABB	300-330
<b>Cuadrado enano</b>	ABB	300-330
<b>Pelipita</b>	ABB	360-390
<b>Bananos</b>		
<b>Gros Michel o caraceño</b>	AAA	300-330
<b>Gran enano</b>	AAA	330-350
<b>Manzano</b>	ABB	350-380

Mercado et al. (1997).

*Tabla 2. Clones presentes en Nicaragua.*

<b>GUINEOS</b>	<b>BANANOS</b>	<b>PLATANO</b>
Cuadrado criollo	Gros michel	Hartón
Cuadrado enano	(patriota caraceño)	(Plátano criollo)
Pelipita	Caribe verde	Dominico hartón
Guineo negro	Caribe morado	Dominico
Manzano	Grupo Cavendish	Plátano enano
Fhia.03	Valery	Plátano 500
	Enano gigante	Plátano 300
	Enano mil	FHIA-21
	FHIA-01	

Mercado et al. (1997).

#### **4.3. Banano manzano/rosa (grupo ABB).**

Es una planta de porte alto con pseudotallo de 3 a 4m de altura y 41cm de circunferencia de forma cónica, color verde claro desde la base hasta la parte superior de la planta, ligeramente pigmentado de negro, hoja verde oscuro grande, y ligeramente péndulas de 312cm de largo delgadas. De la emergencia a la floración dura 233 días y de floración a madurez 131 días. Es una planta susceptible a *Fusarium oxysporum c.* La producción es de 6 a 12 manos por manojo, cada uno con 16 a 18 frutas. De 10 a 15 cm de largo, ligeramente encorvados, astringentes cuando están verdes, pero agradables cuando están maduros y huelen, (Mercado, et al,1997).

#### **4.4. Guineo cuadrado criollo (ABB).**

Es una planta mediana de 2 a 4 m de alto, de porte vigoroso, pseudotallo verde pálido, el racimo tiene tamaño de 69 cm de largo y un peso de 12 a 17 kg. Frutos verdes oscuro llegando a un amarillo atractivo en su madurez con un promedio de 77 dedos por racimo. Tolerante a sequía, viento, el ciclo es de 12 a 15 meses, resistente a *Fusarium oxysporum cubense* raza 1, pero altamente susceptible a *Fusarium oxysporum* raza 2 y *Ralstonia solanacearum* (Mercado, et al, 1997).

#### **4.5. Pisang ceilan**

Tiene una altura promedio de 4-6 m y un diámetro de 0.5 m, produce 7 manos por racimos, generalmente los racimos pesan 15 libras en promedio. tiene aproximadamente 65-90 dedos por racimos. En todo el ciclo de vida puede producir hasta 5 retoños de los 5 retoños 4 son chupones y uno es de agua, pisang ceilan alcanza la madurez fisiológica a los 12 meses, es una variedad mejorada de manzano resistente a *Fusarium oxysporum* raza 1(global science books 2012)

#### **4.6. Enfermedades de banano**

Mercado, et al (1997) Señalan que las enfermedades se transmiten por la semilla. Mora (2011) menciona que entre las principales enfermedades a (*Mycosphaerella sp*, *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense*, *Ralstonia solanacearum*, y *Erwinia sp.*)

#### **4.7. Mal de panamá**

La marchitez por *Fusarium oxysporum* conocido como mal de Panamá, causada por el hongo *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (Foc), es históricamente la enfermedad más destructiva de las musáceas y está considerada entre las diez enfermedades más importantes en la historia de la

agricultura. El patógeno bloquea el sistema vascular de la planta, afectando la absorción y translocación de agua y nutrimentos (Corbana 2017)

Rodríguez, (2009). Menciona que se reconocen cuatro razas de *Fusarium oxysporum*, siendo tres de ellas patogénicas principalmente. La raza 1 afecta a los clones ‘Manzano’ y ‘Cuyaco’ (‘Gros Michel’: Musa AAA). Raza 2 es patogénica en Topochos (Musa ABB) y tetraploides (Musa AAAA). Raza 3 es patogénica en especies de Heliconia, y la raza 4, para cultivares del subgrupo Cavendish, incluyendo a ‘Gran Enano’ (Musa AAA), además de los clones susceptibles de las razas 1 y 2,

El principal síntoma es que las hojas más viejas se tornan color amarillo y al final se van secando desde su base y finalmente se doblan. El hombre es el encargado de la diseminación del patógeno ya sea trasladando material infectado, por suelo o por las herramientas que utiliza en las labores de trabajo, al mismo tiempo que los propietarios no implementan medidas para prevenir la enfermedad.

Mercado, et al (1997), Las plantas pueden dar la apariencia de una planta sana, y puede estar infectada, los síntomas se presentan cuando el patógeno tiene las condiciones favorables para su desarrollo. El hongo tiene la capacidad de sobrevivir más de 20 años en el suelo, malezas y plantaciones.

Sánchez, (2005) Indica que, en suelos severamente infestados, las plantas jóvenes se quedan pequeñas, frutos anormales, maduración prematura, el pseudotallo se agrieta en la parte más cercana al suelo. El hongo se propaga por macroconidias, microconidias y clamidiosporas, las primeras de forma oblongas y ligeramente alargadas uní o biselares, las macroconidias, fusiformes la mayoría con 3 septas y más raramente con 4 o 5 septas y las clamidiosporas presentando doble envoltura celular principal características que les hace sobrevivir mucho tiempo en el suelo.

#### **4.7.1. *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*, raza 1**

Es la enfermedad más importante del banano en todo el mundo, que causa graves pérdidas de rendimiento en cultivares comerciales y de consumo local. El control químico es actualmente el

método más utilizado para manejar el marchitamiento por *Fusarium* del banano, aunque es tóxico, caro, peligroso y aun sin éxito en el control.

Se determinó que la incidencia de la Marchitez por *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* en el distrito de San Luís de Shuaro se encontraba entre valores de 0,15 hasta el 19,74 %. Al ser este el primer reporte de cuantificación de la Marchitez por *Fusarium* en el Perú imposibilitó la comparación con otras regiones del país. Sin embargo, hay datos en países como Costa Rica, Honduras y Nicaragua donde aún se cultivan variedades susceptibles a la raza 1 como Gros Michel en cafetales (Roman, 2012)

*Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (Foc) Provocó la pérdida de rendimiento, solo en el sur de la India se estimó que los daños oscilan entre el 2 y el 90%. Los síntomas prominentes de infección por *Fusarium oxysporium cubense* son amarillamiento del follaje, partición de la base del pseudotallo y decoloración vascular. (Damoradan. et al. 2010)

El hongo entra en la planta no solo por la raíz, puede ser directamente o bien por heridas y cortes. Una vez dentro de la planta se establece en el interior del sistema vascular, dificultando el movimiento de agua y de los nutrientes. Normalmente la vía de entrada se localiza por una sección del cormo, que provoca que los hijos emitidos por ese lado tengan un peor desarrollo y manifiesten la enfermedad más fácilmente (Corbana, 2017)

#### **4.7.2. Morfología**

La morfología de las colonias de los aislamientos de *Fusarium oxysporium cubense* en PDA son de tipo algodonoso blanco con pigmentaciones. Las poblaciones de *Fusarium* en clon Manzano (subgrupo Silk) pertenecen en casi todos los casos al GCV 01210 (Viera & Pérez, 2009) Su forma de dispersión es por medio de agua, suelo, herramientas entre otros a través de microconidias, macroconidias y clamidosporas.

#### **4.7.3. Agresividad**

Esta enfermedad su mayor impacto durante los años 50, afectando el mercado del banano en América Latina. Es una enfermedad del suelo y del cormo que mata las plantas afectadas. Puesto que el patógeno tiene la habilidad de sobrevivir en el suelo por muchos años, se disemina rápidamente mediante los cormos utilizados como material de siembra, los movimientos de suelo

y agua, herramientas de trabajo y no existe un fungicida efectivo; por lo tanto, el comercio de exportación en América, basado en el Gros Michel, se vio obligado a abandonar las plantaciones y reemplazarla por una variedad de mayor resistencia al patógeno (Pocasangre, 2009)

Como su nombre lo indica, la marchitez por *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* se caracteriza por un marchitamiento gradual de las plantas, las cuales pueden morir en pocas semanas o meses, producto del bloqueo del sistema vascular que produce el patógeno (Corbana, 2017). En los primeros 11 a 30 días se pueden observar daños sobre el tejido de las plantas susceptibles (Gonzales, 2020).

Sus Clamidosporas pueden permanecer latentes en el suelo por muchos años hasta encontrar la primera oportunidad para atacar al banano o plátano. dada la movilidad de las actividades humanas han sido vencidas las distancias y la propagación del hongo se puede dar en un mismo día, con un viajero que haya pisado una finca o material con *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*, y se trasladará inmediatamente por vía aérea a cualquier nación latinoamericana podría llevar involuntariamente esporas vivas de *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense* y provocar una verdadera tragedia continental (CropLife, 2010).

#### **4.7.4. Síntomas internos y externos**

**Los síntomas externos son:** Amarillamiento, seca de las hojas, desde las hojas más viejas hacia las más jóvenes. Decoloraciones de los pecíolos, que en estados avanzados provocan la caída de las hojas y su muerte. Entrenudos más cortos, reducción de la lámina foliar, malformaciones en hojas jóvenes. Las plantas enfermas producen racimos pequeños y frutos “habichuelados”, sin valor comercial, por falta de llenado al carecer de una superficie foliar adecuada y una obstrucción del sistema vascular.

**Síntomas internos.** Internamente en las raíces y el cormo se observan áreas color marrón a café oscuro. En el pseudotallo, los haces vasculares adquieren tonos cafés claro a café-rojizo y pueden verse así a todo lo largo del mismo e inclusive en el pseudopeciolo y vena central de la hoja (Corbana, 2017).

#### **4.7.5. Alternativas de manejo**

Empleo de semillas sanas, erradicación, y medidas cuarentenarias y la erradicación que consiste en eliminar las plantas enfermas y su destrucción por medio del fuego, fuera de la plantación. Como medidas preventivas mantener el suelo en condiciones ideales en referente al drenaje, aireación y fertilidad, se ha comprobado que, usando en los suelos contaminados, caña de azúcar, sorgo y crotalaria se reduce la cantidad de inóculos Sánchez, (2005).

## V. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1. Descripción de la zona de estudio

El estudio se realizó en la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria, UNAN-León. ubicado un kilómetro y medio carretera a La Ceiba, con altitud de 96 msnm, con precipitaciones anuales promedio de 1200mm y temperatura de 32°C (Hidalgo, et al,2014).

### 5.2. Tipo de estudio

Experimental de corte longitudinal, dado que el estudio se realizó durante cuatro meses con muestreos dos veces por semana.

### 5.3. Diseño experimental

Se utilizo un Diseño completamente al azar bifactorial (DCA), el estudio consistió en dos tratamientos y un testigo, con cinco repeticiones para cada unidad experimental para un total de 45 unidades experimentales con dos factores, Factor A concentración, Factor B variedades de musáceas. El estudio duro 4 meses.

### Definición de tratamiento

*Tabla 3. Concentración vs variedades.*

FACTOR A	FACTOR B		
	Guineo cuadrado criollo (GCC)	Banano Rosa (BR).	Banano Pisang ceilan (BPC)
1x10 <sup>6</sup> ufc/ml 1 L	GCC / 1L T1	BR/1L T1	BPC /1L T1
1x10 <sup>6</sup> ufc/ml 2 L	GCC / 2L T2	BR/2L T2	BPC /2L T2
Testigo (T °)	GCC /T ° T3	BR /T ° T3	BPC /T ° T3

**Donde:**

**Ufc:** Unidades formadoras de colonia.

**GCC:** Guineo cuadrado criollo/Bluggoe

**BR:** Banano rosa/manzano

**BPC:** Banano pisang ceilan

## **Descripción de tratamientos**

1. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* en  $1 \times 10^6$  ufc/ml en un litro de agua la misma concentración (Darce, 2013).

**Importancia:** Se quiere conocer el efecto de resistencia a *fusarium oxysporum* a una concentración de  $1 \times 10^6$  ufc/ml en un litro de la solución.

**Efecto:** Se espera que las plantas más susceptibles mueran con la inoculación de *fusarium* en concentraciones de  $1 \times 10^6$  ufc/ml, en un litro de la solución.

2. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* en  $1 \times 10^6$  ufc/ml en dos litros de la solución.

**Importancia:** Se quiere conocer el efecto de resistencia a *fusarium* a una concentración de  $1 \times 10^6$  ufc/ml en dos litros de la solución.

**Efecto:** Se espera que las plantas más susceptibles mueran con la inoculación de *fusarium* en concentraciones de  $1 \times 10^6$  ufc/ml en dos litros de la solución.

## **5.4. Definición y medición de las variables**

1. **Variables de parámetro de crecimiento:** Mohr (1995) citado por Barrera J. (2010). define que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas es un proceso fisiológico complejo, que depende de factores bióticos y abióticos.

**Diámetro:** Es un segmento de recta que une dos puntos opuestos de una circunferencia y pasa por el centro de esta. Mide el doble del radio del círculo y divide a este en dos semicírculos perfectos, (La república. 2022).

**Medición del Diámetro:** Se medirá el diámetro basal en cm, a un centímetro del suelo en el pseudotallo durante su crecimiento con una cinta métrica.

**Altura:** Distancia vertical de un cuerpo a la superficie de la tierra o a cualquier otra superficie tomada como referencia, (RAE).

**Medición de altura:** Se medirá la altura de la planta desde la base del pseudotallo en cm, durante su crecimiento con una cinta métrica.

### **Número de hojas**

Cada una de las láminas, generalmente verdes, planas y delgadas, de que se visten los vegetales, unidas al tallo o a las ramas por el pecíolo, (RAE).

**Medición del número de hojas:** Se realizó conteo de las hojas emitidas, marcando cada hoja cuando ya esté completamente desarrollada.

**Ritmo de emisión foliar:** Es el número de hojas que puede emitir la planta de plátano

(Vargas, et al. 2015)

**Medición de emisión foliar:** Se contaron las hojas emitidas y el tiempo en aparecer la próxima hoja en días.

**Largo de hoja:** Son apéndices caulinares, en general verdes y aplanadas, que nacen y se expanden lateralmente (Sousa, 2009).

**Medición longitud de hoja:** Se medirá la longitud de la hoja desarrollada en cm, durante su crecimiento con una cinta métrica.

**Ancho de hoja:** Son apéndices caulinares, en general verdes y aplanadas, que nacen y se expanden lateralmente (Sousa, 2009).

**Medición ancho de hojas:** Se medirá el ancho de la hoja desarrollada en cm, durante su crecimiento con una cinta métrica.

**Pecíolo:** Es el filamento, en general delgado y de color verde, que une el limbo al tallo y a la lámina de la hoja (Sousa, 2009).

**Medición longitud del pecíolo** Se midió la longitud del pecíolo de la hoja desarrollada en cm, durante su crecimiento con una cinta métrica.

**2. Variables para determinar Patogenicidad:** Capacidad que tiene un patógeno para producir enfermedad (G. N. Agrios, 2017).

**Resistencia:** Capacidad que tiene un organismo para superar, totalmente o hasta cierto grado, el efecto de un patógeno u otro factor perjudicial (G. N. Agrios, 2017).

**Medición de incidencia:** Se compararon los resultados de incidencia y severidad y así determinar qué variedad muestra mayor resistencia.

**Severidad:** Es la proporción del área o cantidad de tejidos de la planta que está enferma, (G. N. Agrios, 2017).

**Medición de severidad:** Se observaron los síntomas interno y externo usando la escala de Orgeda (ver tabla 5). (1998) citado por Darce (20013)

#### **Síntomas para observar en el diagnóstico:**

- **Internos:** Decoloración de vasos vasculares.  
Presencia de hilos color marrón o rojizo.
- **Externos:** Decoloración de la hoja.  
Marchitez de las hojas.  
Hojas dobladas.  
Hendidura en el pseudotallo.

La severidad se calculó mediante la fórmula de Subramaniam et al. (2006) citado por Darce, (2013):

$$\text{Severidad}(\%) = \frac{\Sigma (\text{número de plantas x cada grado de la escala})}{\text{Número de plantas evaluadas x grado mayor}} \times 100$$

#### **Donde:**

$\Sigma$ : Sumatoria

**Numero de plantas:** Total de plantas enfermas.

**Grados de la escala:** Se comparo la escala de orgeda y se determinara en que grado se encuentran las plantas.

**Número total de plantas evaluadas:** Es el total de todas las plantas evaluadas en el ensayo.

**Grado mayor:** De la escala de orgeda se tomó el grado mayor.

**Tabla 4. Escala de evaluación de síntomas provocados por *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* Raza1. Orgeda (1998) citado por Darce (20013).**

Síntomas externos			
Valor	Amarillamiento	Marchitez	Síntomas internos
1	Ausencia de síntomas	Ausencia de síntomas	Ausencia de síntomas
2	Amarillamiento en hojas viejas	Marchitez en hojas viejas	Puntos aislados de decoloración en el tejido vascular
3	Amarillamiento en hojas bajas	Marchitez en hojas bajas	Decoloración de hasta 1/3 del tejido vascular
4	Amarillamiento en hojas jóvenes	Marchitez en hojas jóvenes	Decoloración de entre 1/3 y 2/3 del tejido vascular
5	Severo amarillamiento	Severa marchitez	Decoloración mayor a los 2/3 del tejido vascular
6	Muerte de la planta	Muerte de la planta	Decoloración total del tejido vascular

**Incidencia:** Es el número o proporción de plantas enfermas (el número o proporción de plantas, hojas, tallos y frutos que muestren cualquier tipo de síntomas), (G. N. Agrios, 2017).

**Medición de incidencia:** Se observaron los síntomas externos usando la escala de Orgeda. (ver tabla 5). (1998) citado por Darce, (20013). Se calculo la incidencia mediante la fórmula, Subramaniam et al. (2006) citado por Darce, (2013):

$$\text{Incidencia}(\%) = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} \times 100$$

**Donde:**

**Numero de plantas enfermas:** Plantas que presentan síntomas de decoloración y marchitamiento de la hoja por causa del fusarium.

**Número total de plantas evaluadas:** Es el total de todas las plantas evaluadas en el ensayo.

**Decoloración de las hojas más viejas:** Desintegración de los tejidos externos de una planta suculenta como resultado de infección fungosa, (G. N. Agrios, 2017).

**Medición sintoma externo:** Se hizo un análisis visual de las hojas, para determinar la decoloración que se fueron presentando y se evaluaron según la escala de Orgeda.

(ver tabla 5).

**Decoloración interna de la planta:** Desintegración de los tejidos internos de una planta suculenta como resultado de infección fungosa, (G. N. Agrios, 2017).

**Medición de síntomas internos:** Se hizo muestreos al azar y se cortarán plantas para ver la parte interna del pseudotallo, así estimar el nivel de daño en la parte interna, se evaluará a través de la escala de Orgeda. (ver tabla 5).

#### **Toma de muestras**

Las muestras para seleccionar las plantas a inocular el patógeno, se hizo aleatoriamente para cada variedad.

El muestreo de las variables se realizó cada 2 veces por semana, por dos meses. Teniendo en total 13 momentos de muestreos.

#### **Número de muestras**

Se hizo el muestreo a las 45 plantas, establecidas e inoculadas en donde hubieron 9 tratamiento e incluyendo los testigos. Se hicieron 5 repeticiones por cada tratamiento.

### **5.6. Establecimiento del experimento**

#### **5.6.1. Selección de plantas enfermas con *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense*.**

Se seleccionaron plantas con síntomas, identificando la planta enferma con *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (Foc) correspondientes a la raza 1, en plantas de banano rosa, en la parcela 1 del CNRA ubicada en la Escuela de ciencias Agraria y Veterinaria UNAN-león, se seleccionaron muestras del cilindro central, una vez recolectadas se rotularon las muestras posteriores se trasladarán al laboratorio de hongos.

#### **5.6.2. Aislamiento de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* de plantas de banano enfermas, del cultivar de Banano Roza/Manzano (ABB).**

Con muestras colectadas de plantas enfermas del cultivar de Banano Roza/Manzano (ABB), del cilindro central, se colocaron por separado en bolsas de plástico y con su correspondiente identificación.

Las muestras de tejido vegetal infestadas fueron cortadas en segmentos e inmediatamente fueron lavadas con agua durante tres minutos con agitación constante para remover impurezas adheridas. Posteriormente, bajo condiciones asépticas en la campana de flujo vertical, se esterilizo la superficie de cada segmento, para lo cual se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante tres minutos con agitación constante y seguidamente se hicieron tres lavados con agua destilada esterilizada por un minuto en cada ocasión. Los segmentos fueron colocados en

papel toalla para eliminar el exceso de agua. Un segmento se colocó por cada plato Petri de 9cm de diámetro con Potato Dextrosa Agar (PDA) al 10% suplementado con amoxicilina para prevenir el crecimiento de bacterias. Los platos se sellaron con Parafilm y se almacenaron a 24°C por tres días.

El micelio de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* desarrollado en los segmentos de tejido vegetal fue subcultivado en platos Petri con PDA al 100% y posteriormente estos fueron sellados y almacenados por 7 días a 24°C. El aislamiento recolectado fue identificado con el código FOC. Metodología usada por (Darce 2013)

### **5.6.3. Evaluación del crecimiento radial de los aislamientos de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*.**

Se realizaron mediciones del crecimiento de *FOC*, cada tres días por un periodo de 15 días. En cada plato Petri se midió el crecimiento radial del hongo hacia el lado izquierdo y derecho del centro del disco de PDA.

### **5.6.4. Preparación del sustrato**

Se esterilizaron cuatro sacos de compost, en un esterilizador artesanal de vapor, durante dos horas hasta que el sustrato alcanzo los 99°C. luego se depositó en bolsas plásticas, el sustrato ya esterilizado.

### **5.6.5. Desinfección de maceteras**

Se lleno una pila de agua a la mitad con aproximadamente 1,500L, posterior se le agrego 125g de detergente y 3 bolsitas de cloro. Posteriormente se introdujeron a la pila, las maceteras por 72 horas.

### **5.6.6. Desinfección de cormos**

Se seleccionaron hijos de espada, procedentes de la finca de Don Mariano en el municipio de Telica, los hijos de rosa y guineo cuadrado (bluggue), y Pisang Ceilan procedentes de la finca El pegon de la UNAN-león, luego se hizo el mondado de los cormos asegurando que no tengan galerías u otro daño, se desinfestaron con cloro al 1% durante 20 minutos.

### **5.6.7. La siembra en maceteras de plásticos.**

Una vez que el compost fue esterilizado se colocó en maceteras de plásticos de 6.4L y se sembraron los cormos. Las maceteras se llenaron con el compost esterilizado y se ubicaron en la parte noreste del CNRA ubicada en la Escuela de Ciencias Agraria y Veterinaria UNAN, León.

#### **5.6.8 Preparación de la suspensión de esporas de *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense*.**

La suspensión de esporas se realizó en el cultivo de *Fusarium* de dos semanas de crecimiento en PDA al 100%. A cada plato Petri se agregaron 20 ml de agua y con la ayuda de una espátula plástica se removieron las esporas y el micelio, la solución obtenida se filtró en un beaker por medio de una gasa para separar el micelio de las esporas y se llevó a un volumen de 1000 y 2000 ml, la misma metodología.

#### **5.6.9. Inoculación de plántulas de banano del cultivar Banano Rosa/Manzano (ABB), Pisang Ceyalan (AAB), guineo cuadrado criollo (Bluggoe ABB) con el aislamiento de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* raza 1.**

Metodología usada por Lara (2009) Las plántulas fueron inoculadas con suspensiones de esporas del aislamiento de *Fusarium* raza 1. La inoculación se realizó aplicando 5ml a una concentración de  $1 \times 10^6$  ufc/ml en tres orificios de 1 a 2 cm de profundidad realizados en el sustrato alrededor del área radical y cercana a la base del rizoma. Se estableció un testigo absoluto que consistió en plántula sin inocular, se distribuyeron al azar en el sitio, donde permanecieron durante el estudio.

#### **5.6.10. Evaluación de los síntomas externos e internos y parámetros de crecimientos de la enfermedad marchitez por *Fusarium* en las plántulas de banano del cultivar Banano Rosa/Manzano (ABB), Pisang Ceyalan (AAB), guineo cuadrado criollo (Bluggoe ABB).**

El período de incubación se determinó, cuando se presentó la primera planta con síntomas externos característicos de la enfermedad. La incidencia de la enfermedad se calculó por el número de plantas que presentaron síntomas de la enfermedad y se expresó en porcentaje de plantas enfermas. La evaluación se realizó una vez por semana. La severidad de la enfermedad se evaluó por el grado de daño expresado tanto en síntomas externos como internos, los cuales fueron estimados visualmente según la escala propuesta por Orgeda (1998) citado por Darce (2013).

Los síntomas externos se evaluaron cada semana mientras que los internos se tomaron al finalizar el ensayo, para lo cual las plantas fueron sacrificadas y se realizaron cortes longitudinales a nivel del cormo. Adicionalmente se midieron variables de crecimiento de las plantas; número de hojas por planta, altura de planta, diámetro del pseudotallo, largo y ancho de la hoja, largo del peciolo. Estas, se evaluaron cada semana en durante el estudio.

### **5.7. Análisis de datos**

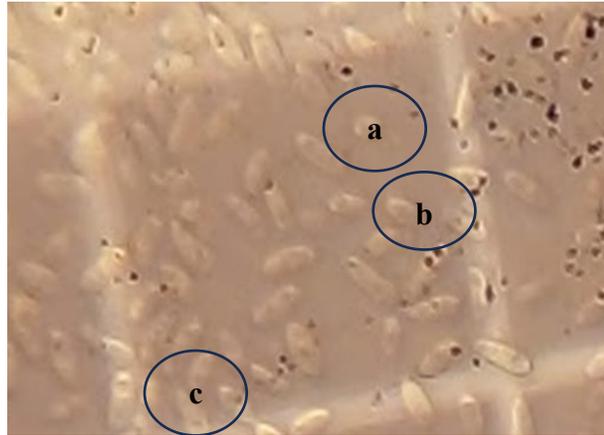
Se creó una base de datos en Excel 2016, posterior los datos se analizaron con el programa estadístico SPSS versión 25, donde se hizo, análisis descriptivo, un análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente aleatorio (DCA), se hizo prueba de comparación de media N.S.K con un nivel de confianza del 95%.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Caracterización de los aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubeense* raza 1.



**Figura 2. Crecimiento radial de fusarium**



**Figura 3. Estructura reproductora de fusarium. a) Clamidosporas, b) microconidias, c) macroconidias.**

*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubeense*, aislado de plantas de banano rosa en la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria de la UNAN-León, mostró crecimiento radial, cubriendo el plato Petri por completo a las dos semanas, con forma algodonosa, con coloración blanco a color violeta. Observándose en el microscopio todas sus estructuras reproductivas macroconidias, microconidias y clamidosporas, con mayor presencia de clamidosporas la cual se observa con forma redonda y microconidias en forma ovalada.

Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Lara (2009), y Darse (2013), quienes realizaron el ensayo con aislamientos de *Fusarium oxysporum* raza 1 extraídos de plantas enfermas de banano Gros Michel.

## 6.2. Parámetros de crecimiento

### 6.2.1. Altura

Tabla 5. Análisis de varianza de la altura

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	48511.224 <sup>a</sup>	8	6063.903	25.365	.000
Intersección	1040483.611	1	1040483.611	4352.242	.000
Variedad	34901.385	2	17450.693	72.995	.000
Tratamiento	4795.360	2	2397.680	10.029	.000
Variedad *	8814.479	4	2203.620	9.218	.000
Tratamiento					
Error	137703.415	576	239.068		
Total	1226698.250	585			
Total, corregido	186214.639	584			

a. R al cuadrado = .261 (R al cuadrado ajustada = .250)

En el análisis de varianza se muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos y las variedades dado que la significancia para variedad, tratamiento y la interacción variedad-tratamiento, es igual a 0.000 menor a 0.05 donde se rechaza hipótesis nula, por lo tanto, la altura de las variedades, varía de acuerdo a la variedad y el tratamiento. A diferencia de Romero (2023) que no encontró diferencia significativa de la altura en plantas inoculadas con *Fusarium* en clones de plátanos. Cárdenas (2001). Citado por Romero (2023). Menciona que el crecimiento de la planta no se detiene con la infección de fusarium y que las hojas que emergen de las plantas son decoloradas y deformes. Robins (2019), Obtuvo diferencia significativa de 0.0003 en cuanto a altura con el tratamiento te de compost, para el biocontrol de *Fusarium oxysporum*.

**Tabla 6. Comparación de medias N.S.K para altura en las variedades**

Variedad de musáceas	Altura	Significancia estadística
Guineo cuadrado	47.77	a
Banano pisang ceilan	47.49	a
Banano de rosa	31.25	b

En la tabla 6. Se muestra la comparación de media para la variable altura en las variedades guineo cuadrado es 47.7 cm y pisan ceilan 47.4 cm, mientras que en la variedad banano de rosa se obtuvo una menor altura con 31.2 cm.

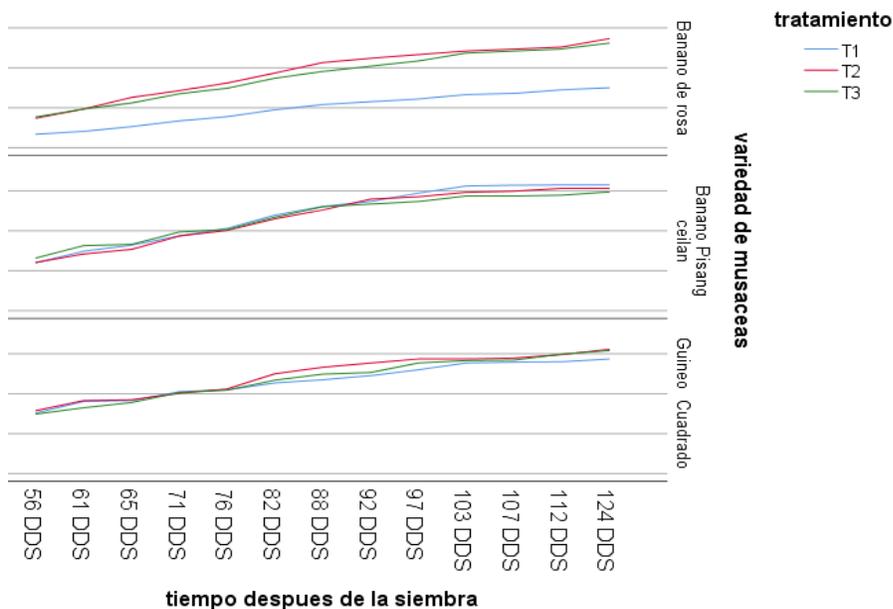
En las plantas sembradas en maceteras se observaron que guineo cuadrado a los 15 días después de la siembra inicio la emergencia, pisang ceilan a los 20 días y la variedad que más tardo en iniciar la emergencia fue banano rosa iniciando a los 30 días por ello es la diferencia que existe en el crecimiento de las variedades estudiadas.

**Tabla 7. Comparación de medias N.S.K para altura en los tratamientos**

Tratamiento	Altura	Significancia estadística
T2	44.79	a
T3	43.54	a
T1	38.19	b

En la tabla 7. Se observa en la comparación de medias para altura en los tratamientos, se obtuvieron resultados para el T2 con 44.7 cm, T3 con 43.54 cm y el T1 con 38.19 cm. Esto sucedió porque las plantas cuando se iniciaron a evaluar, a los 56 días después de la siembra, no tenían la misma altura, estos datos concuerda con Villalta (2020), quien obtuvo en el T1, altura promedio de 22cm, y en el T2 y T3 altura de 16 cm.

**Grafica 1. Altura de las plantas en el tiempo**



La grafica 1. Muestra la tendencia de crecimiento de las variedades en el tiempo, después de la inoculación, donde se observó que la variedad banano de rosa tuvo una tendencia creciente de altura hasta los 88 días después de la siembra, después de los 88 días después de la siembra el crecimiento fue más lento durante la evaluación.

En banano rosa la mayor altura la obtuvo el T2 con 38 cm, seguido de T3 con 36 cm, y la altura más baja que alcanzo fue T1 con 19.6 cm. al igual que pisang ceilan que muestra una tendencia creciente de altura hasta el día 92 después de la siembra, a partir de esa fecha la tendencia de crecimiento fue más lenta y en algunos casos se mantuvo, obteniendo T1 con 48.4 cm con la mayor altura, seguido del T2 y T3 con una altura de 47 cm. Mientras que guineo cuadrado muestra una tendencia de crecimiento variada, obteniendo la altura mayor en el T2 con, 49.2 cm, seguido el T3 con 47.5 y el menor crecimiento en el T1 con 46.4 cm.

### 6.2.2. Diámetro

**Tabla 8. Análisis de varianza para Diámetro**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	861.250 <sup>a</sup>	8	107.656	45.850	.000
Intersección	13594.810	1	13594.810	5789.945	.000
Variedad	714.576	2	357.288	152.167	.000
Tratamiento	33.661	2	16.830	7.168	.001
Variedad *	113.013	4	28.253	12.033	.000
Tratamiento					
Error	1352.450	576	2.348		
Total	15808.510	585			
Total, corregido	2213.700	584			

a. R al cuadrado = .389 (R al cuadrado ajustada = .381)

En la prueba de efecto intersujeto del análisis de varianza, muestra que la significancia para variedad, tratamiento y la interacción variedad-tratamiento es de 0.000 menor a 0.05 donde se rechaza hipótesis nula, lo cual nos indica que el diámetro varía de acuerdo a las variedades y tratamiento, estos datos concuerdan con los obtenidos por Romero (2023). Donde observo que no existe diferencia significativa en cuanto al diámetro de los clones estudiados, de plátanos de la variedad Isla. Robins (2019), Obtuvo diferencia significativa de 0.0001 en las pruebas de biocontrol contra *Fusarium oxysporum*.

**Tabla 9. Comparación de medias N.S.K para diámetro en las variedades**

variedad de musáceas	Diámetro	Significancia estadística
Guineo cuadrado	6.077	A
Banano pisang ceilan	4.998	B
Banano de rosa	3.387	C

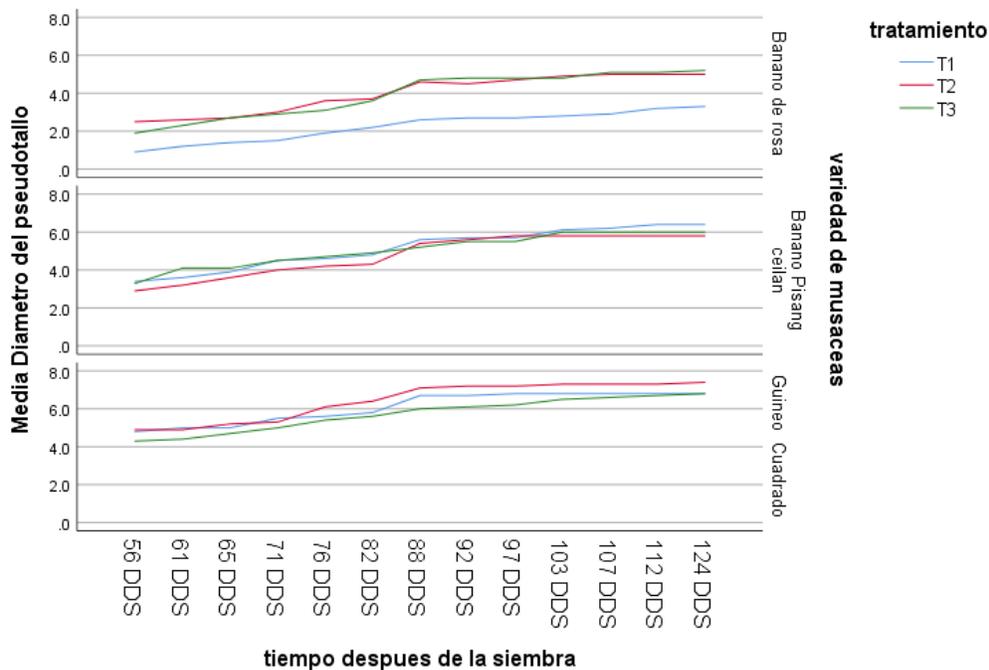
La tabla 9. Muestra que guineo cuadrado obtuvo el mayor diámetro con 6 cm, seguido de pisang ceilan con 4.9 cm y el menor diámetro lo presento la variedad banano de rosa con 3.3 cm, esta diferencia encontrada es debido a características específicas de la variedad.

**Tabla 10. Comparación de medias N.S.K para diámetro en los tratamientos**

Tratamiento	Diámetro	Significancia estadística
T2	5.067	a
T3	4.900	a
T1	4.495	b

La tabla muestra que para el T2 el diámetro fue de 5 cm seguido de T3 con 4.9 cm y el menor diámetro presento en el T1 con 4.4, debido a que las plantas T1 desde que se iniciaron a evaluar tenían un menor diámetro en comparación con Villalta (2020), En la evaluación de aceite ozonizado contra *Fusarium oxysporum* obtuvo en el T1, diámetro promedio de 20.6cm y enT2, 16.7cm mientras que, en el T3, obtuvo 16.4cm

**Grafica 2. Diámetro de las plantas en el tiempo**



La grafica muestra el desarrollo del pseudotallo en el tiempo, obteniendo que la variedad banano de rosa en el T2 alcanzo un diámetro de 3.98 cm seguido de T3 con 3.92 cm y el menor diámetro en el T1 con 3.25 cm, y la variedad pisang ceilan mostro su mayor diámetro en el T1 con 5.14 cm, seguido del T3 con 5 cm y el menor diámetro en 4.7 cm, la variedad guineo cuadrado mostro mayor diámetro en el T2 con 6.4 cm seguido de T1 con 6 cm y el menor diámetro en el T3 con 5.7 cm, estas diferencias entre variedades es dividido a las características específicas de cada variedad.

### 6.2.3. Número de hojas

**Tabla 11. Análisis de varianza para número de hojas**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	903.354 <sup>a</sup>	8	112.919	17.835	.000
Intersección	22338.846	1	22338.846	3528.347	.000
Variedad	294.072	2	147.036	23.224	.000
Tratamiento	230.687	2	115.344	18.218	.000
Variedad *	378.595	4	94.649	14.949	.000
Tratamiento					
Error	3646.800	576	6.331		
Total	26889.000	585			
Total, corregido	4550.154	584			

a. R al cuadrado = .199 (R al cuadrado ajustada = .187)

En la prueba intersujeto se muestra que los resultados fueron significativos para las variedades, tratamientos y la interacción variedad-tratamiento, la cual es 0.000 menor a 0.05, por lo tanto, el número de hojas emitidas, varía en cada una de las variedades y tratamientos. A diferencia de los resultados encontrados por Romero (2023) quien no encontró diferencia significativita en el número de hojas funcionales entre los clones de plátano evaluados.

**Tabla 12. Comparación de medias N.S.K para número de hojas en las variedades**

Variedad de musáceas	Número de hojas emitidas	Significancia estadística
Guineo cuadrado	7.16	A
Banano de rosa	5.85	B
Banano pisang ceilan	5.52	B

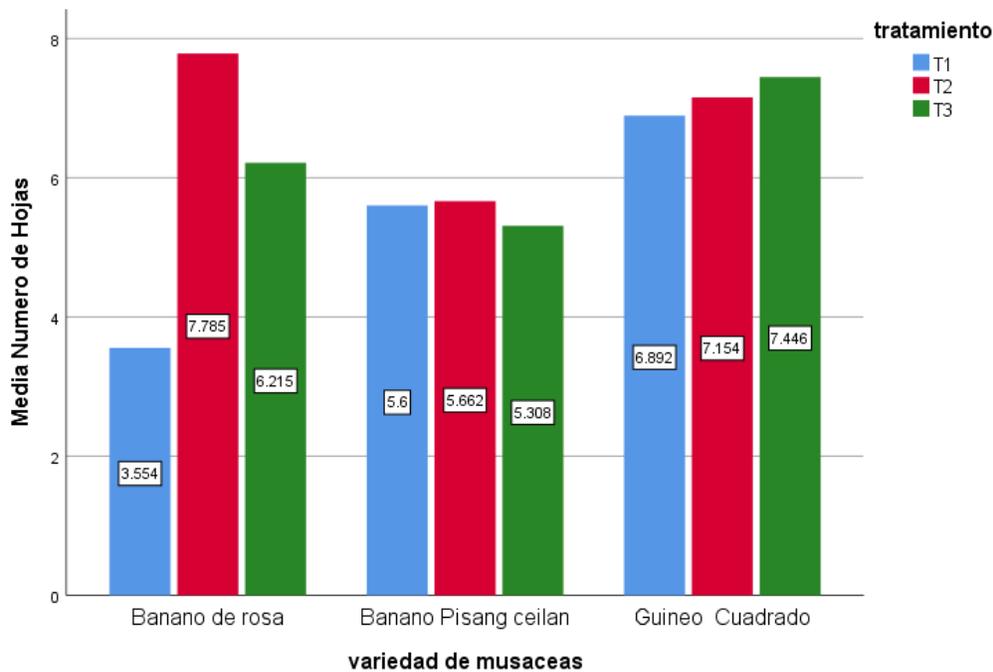
En la tabla se muestra que guineo cuadrado emitió 7.16 hojas siendo la variedad que más hoja emitió desde su emergencia y banano rosa 5.8 seguido de pisag ceilan con 5.5 hojas emitidas.

**Tabla 13. Comparación de medias N.S.K para número de hojas en las variedades**

Tratamiento	Número de hojas emitidas	Significancia estadística
T2	6.87	a
T3	6.32	b
T1	5.35	c

La tabla 13. muestra que el T2 emitió en mayor número de hojas con 6.8 hojas, seguido del T3 con 6.3 hojas y T1 con 5.3 con el menor número de hojas emitidas. Similar a Villalta (2020), el cual pudo observar que en el tratamiento T 1 su emisión foliar promedio es de 4.76 hojas y el T 3 su emisión foliar promedio es de 4.63 hojas ambos tratamientos presentaron los mejores resultados.

**Grafica 3. Número de hojas**



La grafica 3. Muestra el número de hojas emitidas por variedad y por tratamientos, donde la variedad banano de rosa en el T2 emitió 7.7 hojas, en el T3 emitió 6.2 hojas y el menor número de hojas emitidas fue para el T1 con 3.5 hojas. En la variedad pisang ceilan en el T2 emitió 5.66 hojas, seguido del T1 con 5.6 hojas emitidas, y el menor número de hojas fue para el T3 con 5.3 hojas, mientras que guineo cuadrado el que mayor número de hoja emitió fue el T3 con 7.4 hojas, seguido del T2 con 7.1 hojas emitidas y el menor número de hojas emitidas fue para el T1 con 6.8 hojas.

Datos similares presento Orozco (2013), En la evaluación de proliferación de yemas axilares en plátano donde encontró una media de 5 a 6 hojas por plantas. Al igual que Amador & Castillo. (2013), En la selección de plantas superiores de Gros Michel obtuvo una media en el número de hojas de 7 a 8 hojas por plantas.

#### 6.2.4. Largo de la hoja

**Tabla 14. Análisis de varianza para largo de la hoja**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	8104.862 <sup>a</sup>	8	1013.108	1.772	.080
Intersección	287246.785	1	287246.785	502.333	.000
Variedad	600.687	2	300.344	.525	.592
Tratamiento	2089.918	2	1044.959	1.827	.162
Variedad *	5414.256	4	1353.564	2.367	.052
Tratamiento					
Error	329371.354	576	571.825		
Total	624723.000	585			
Total, corregido	337476.215	584			

a. R al cuadrado = .024 (R al cuadrado ajustada = .010)

En el análisis de varianza de largo de la hoja se observa que no hay diferencia significativa entre la variedad y el tratamiento debido a que los datos obtenidos son mayores a 0.05, por lo cual, los datos no difieren, por efecto de tratamientos ni de variedades. Esto concuerda con Caballero (2011) que en las variables largo de la hoja no encontró diferencia significativa.

**Tabla 15. Comparación de medias N.S.K para largo de hojas en las variedades**

Variedad de musáceas	Largo de la hoja	Significancia estadística
Banano pisang ceilan	23.39	a
Guineo cuadrado	22.17	a
Banano de rosa	20.91	a

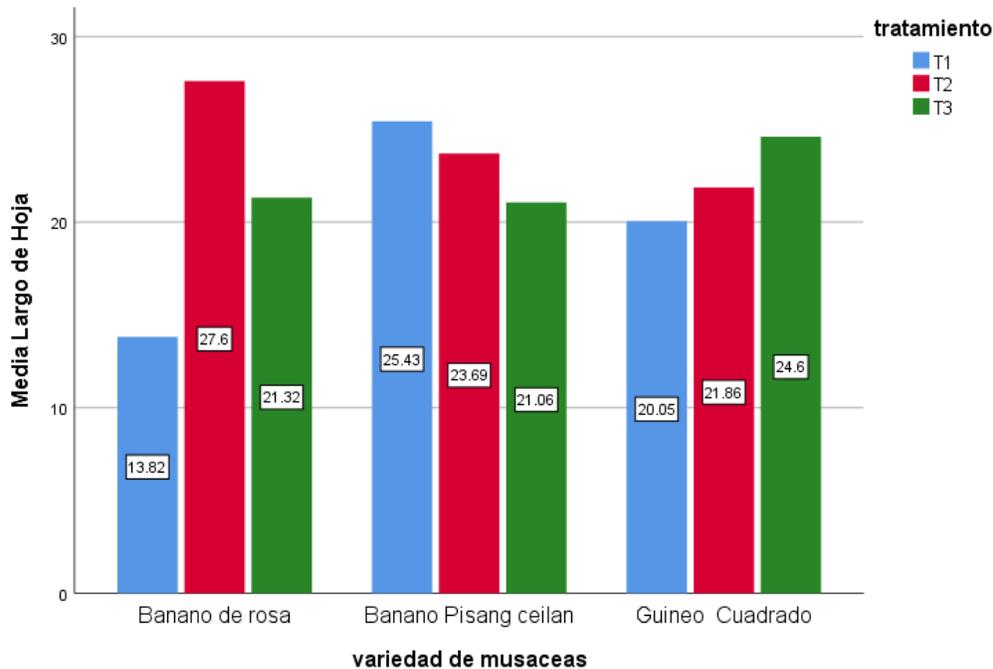
La tabla 15. Muestra que los datos obtenidos son similares tanto para pisang ceilan con 23.39 cm y guineo cuadrado con 22.17cm, banano rosa con 20.90 cm.

**Tabla 16. Comparación de medias N.S.K para largo de hojas en los tratamientos**

Tratamiento	Largo de la hoja	Significancia estadística
T2	24.38	a
T3	22.33	a
T1	19.76	a

Se muestra en la tabla 16. La significancia del largo de la hoja donde la media para el T2 es 24.38 cm y para T3 de 22.33 cm seguido de T1 con 19.76 cm.

**Grafica 4. Largo de la hoja**



Las medias para el largo de las hojas emitidas fueron en banano rosa para el T2 de 27.6 cm, seguido de T3 con 21.3 cm, y las hojas de menor longitud fueron en T1 con 13.8 cm, en pisang ceilan se muestra que T1 tiene 25.4 cm, T2 23.6, con la menor longitud de hojas en T3 con 21 cm, mientras que en guineo cuadrado se muestra en T3 24.5 cm, en T2 21.8 cm, y en T1 20 cm.

### 6.2.5. Ancho de la hoja

**Tabla 17. Análisis de varianza para ancho de la hoja**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2653.777 <sup>a</sup>	8	331.722	1.875	.061
Intersección	87511.154	1	87511.154	494.673	.000
Variedad	747.741	2	373.871	2.113	.122
Tratamiento	435.518	2	217.759	1.231	.293
Variedad *	1470.518	4	367.629	2.078	.082
Tratamiento					
Error	101898.569	576	176.907		
Total	192063.500	585			
Total, corregido	104552.346	584			

a. R al cuadrado = .025 (R al cuadrado ajustada = .012)

En el análisis de varianza de ancho de la hoja se observa que no hay diferencia significativa entre la variedad y el tratamiento debido a que los datos obtenidos para variedad es 0.122, para tratamientos es 2.93 y para variedad-tratamientos es 0.082, son mayores a 0.05, por lo tanto, los datos no difieren, por efecto de tratamientos ni de variedades esto concuerda con Caballero (2011) que en las variables ancho de la hoja no encontró diferencia significativa.

**Tabla 18. Comparación de medias N.S.K para ancho de hojas en las variedades**

variedad de musáceas	Ancho de la hoja	Significancia estadística
Guineo cuadrado	13.30	a
Banano pisang ceilan	12.73	a
Banano de rosa	10.67	a

La tabla 18. Muestra la media del ancho de las hojas emitidas, por cada variedad, donde guineo cuadrado mostro un ancho de 13.33 cm, seguido de pisang ceilan con 12.7 cm y con menor ancho

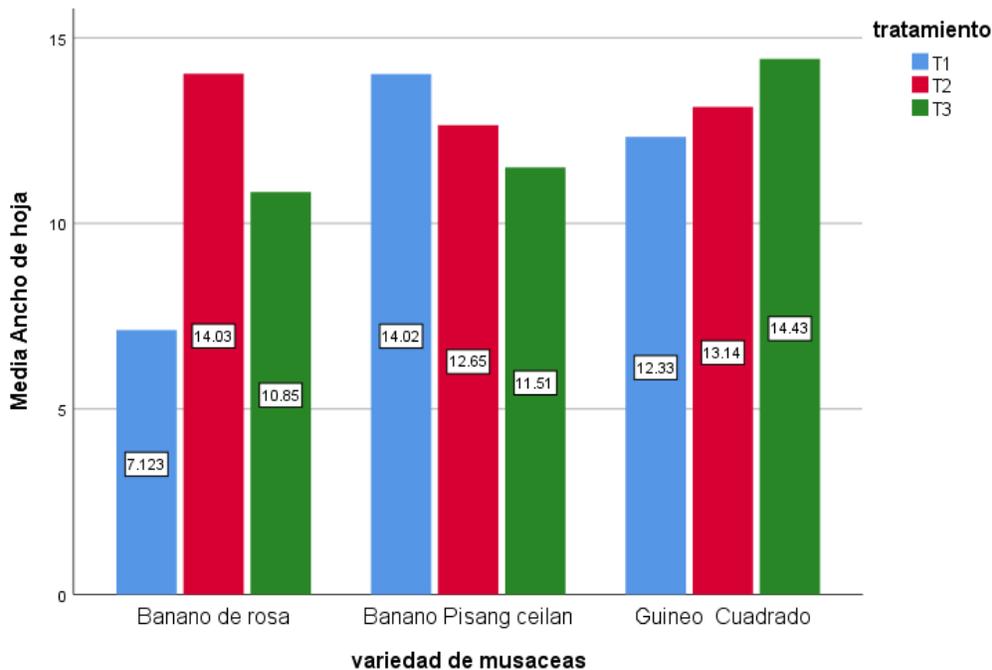
de hoja la variedad banano de rosa con 10. cm, la diferencia entre variedades son características específicas entre variedades.

**Tabla 19. Comparación de medias N.S.K para ancho de hojas en los tratamientos**

Tratamiento	Ancho de la hoja	Significancia estadística
T2	13.27	a
T3	12.26	a
T1	11.16	a

La tabla 19. Muestra la media de ancho de la hoja por tratamientos, donde el T1 presento ancho de 13.2 cm, seguido de T3 con 12.2 cm y con menor ancho de hoja el T1 con 11.1 cm.

**Grafica 5. Ancho de hojas**



La grafica 5. Muestra el ancho de las hojas emitidas por variedades y tratamientos, obteniendo que para la variedad banano de rosa en el T2 se presentó un ancho de 14 cm seguido del T3 con 10.8 cm y con el menor ancho de hojas en el T1 con 7.12 cm, y en la variedad pisang ceilan en el T1 con 14 cm seguido del T2 con 12.6 cm, el menor ancho fue en el T3 con 11.5 cm mientras que

la variedad guineo cuadrado mostro que el T3 tenía un ancho de 14.43 cm seguido del T2 con 13 cm, con menor ancho de hoja el T1 con 12.33 cm.

### 6.2.6. Largo del peciolo

**Tabla 20. Análisis de varianza para largo del peciolo**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	280.175 <sup>a</sup>	8	35.022	1.863	.063
Intersección	6647.494	1	6647.494	353.556	.000
Variedad	18.773	2	9.386	.499	.607
Tratamiento	118.109	2	59.054	3.141	.044
Variedad *	143.294	4	35.824	1.905	.108
Tratamiento					
Error	10829.831	576	18.802		
Total	17757.500	585			
Total, corregido	11110.006	584			

a. R al cuadrado = .025 (R al cuadrado ajustada = .012)

El análisis de varianza muestra una diferencia significativa de 0.04 en los tratamientos menor a 0.05 lo cual indica que hay diferencia significativa en largo de peciolo de acuerdo al tratamiento mientras que para la variedad no hay diferencia significativa, lo cual indica que el largo del peciolo se vio afectado por uno de los tratamientos, mientras que en la variedad la diferencia significativa fue de 0.607 mayor a 0.05, lo que indica que el largo del peciolo no cambia con las variedades.

Datos similares obtuvieron investigadores como Lara (2009) y Caballero (2011) en la variable largo del peciolo no encontraron diferencia significativa.

**Tabla 21. Comparación de medias N.S.K para largo del peciolo en las variedades**

Variedad de musáceas	Largo del peciolo	Significancia estadística
Banano de rosa	3.57	a
Guineo cuadrado	3.40	a
Banano pisang ceilan	3.14	a

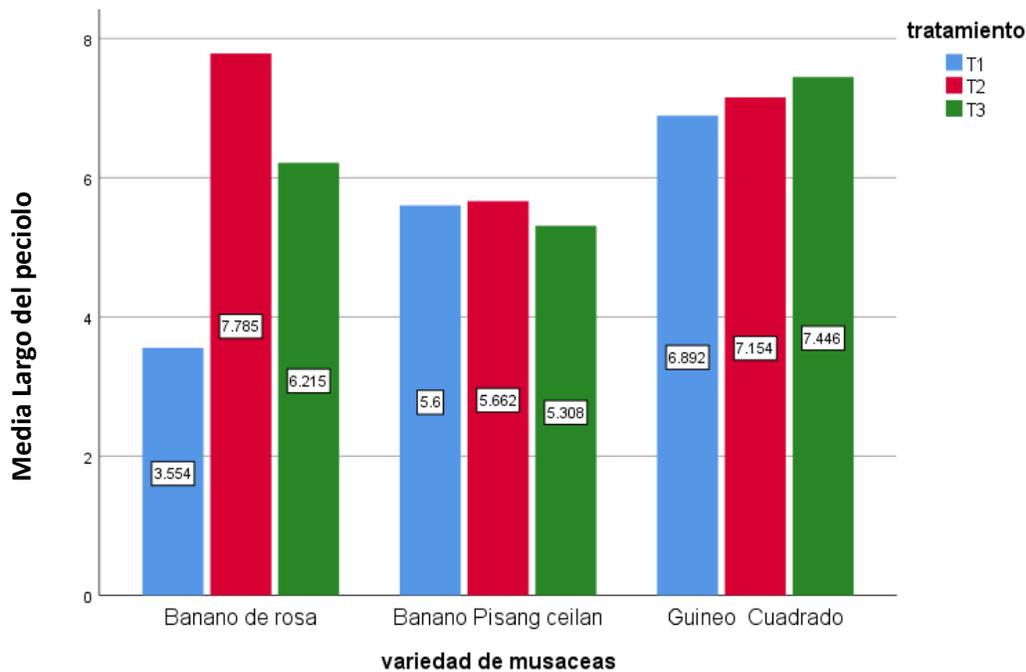
En la tabla 21. Se muestra la media del largo de peciolo lo cual es para banano rosa de 3.57 m seguido de guineo cuadrado con 3.40 cm y con menor longitud de peciolo es 3.14 cm.

**Tabla 22. Comparación de medias N.S.K para largo del peciolo en los tratamientos**

Tratamiento	Largo del peciolo	Significancia estadística
T2	3.85	a
T3	3.49	ab
T1	2.77	b

En la tabla 22. Se muestra el largo del peciolo en los tratamientos evaluados donde se observa que para T2 es 3.85 cm seguido de T3 con 3.49 cm y de menor longitud de peciolo fue T1 con 2.77 cm.

**Grafica 6. largo del peciolo**



En el grafico 6. Se muestra la media de largo de peciolo por variedades y tratamientos, obteniendo, En banano rosa para T2 con un largo del peciolo de 7.7cm seguido de T3 con una longitud de 6.2 cm y con menor longitud fue T1 con 3.5 cm. Para la variedad pisang ceilan se presento que el tratamiento de mayor longitud del peciolo fue el T2 con 5.66 cm, seguido de T1 con 5.6 cm con menor longitud T3 con 5.3 cm, mientras que guineo cuadrado, el T3 mostro la mayor longitud del peciolo con 7.4 cm, seguido de T2 con 7.15 cm y con menor longitud el T1 con 6.8 cm de peciolo.

No hay diferencia significativa entre variedades y tratamientos, en parámetros de crecimientos sobre el efecto de fusarium, sobre las plantas de musáceas estos datos son similares a los obtenidos por otros investigadores como, Caballero (2011) que en las variables largo de la hoja y largo del peciolo no encontró diferencia significativa, en otra investigación realizada por Lara (2009), no encontró diferencia significativa para altura, diámetro, numero de hojas, largo de la hoja, ancho de la hoja, largo de peciolo e índice foliar.

### 6.3. Patogenicidad

#### 6.3.1. Incidencia

**Tabla 23. Análisis de varianza para incidencia**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	31760,684 <sup>a</sup>	8	3970,085	9,584	,000
Intersección	24700,855	1	24700,855	59,629	,000
Variedad	3494,017	2	1747,009	4,217	,017
Tratamiento	21832,479	2	10916,239	26,352	,000
Variedad * Tratamiento	6434,188	4	1608,547	3,883	,005
Error	44738,462	108	414,245		
Total	101200,000	117			
Total corregido	76499,145	116			

a. R al cuadrado = .415 (R al cuadrado ajustada = .372)

En la prueba de inter-sujetos se muestra una diferencia significativa de 0.017 menor a 0.05 en las variedades, y en los tratamientos con 0.000 menor a 0.05 lo cual indica que existe diferencia entre las variedades estudiadas, mientras que la combinación de tratamientos y variedades muestra que fueron significativos de 0.005. Por tanto, la incidencia de la enfermedad se comporta diferente en cada una de las variedades y tratamientos. Estos datos son similares a los presentados por Romero (2023). Donde el análisis estadístico de incidencia encontró diferencia significativa de 0.025, donde demuestra que hay diferencia significativa en los clones evaluados, y Castillo (2021), encontró diferencia significativa de 0.05.

**Tabla 24. Comparación de medias N.S.K para incidencia en las variedades**

Variedades	Incidencia	Significancia estadística
Guineo cuadrado	21.5385	a
Banano de rosa	13.8462	ab
	13.8462	
Pisang ceilan	8.2051	b

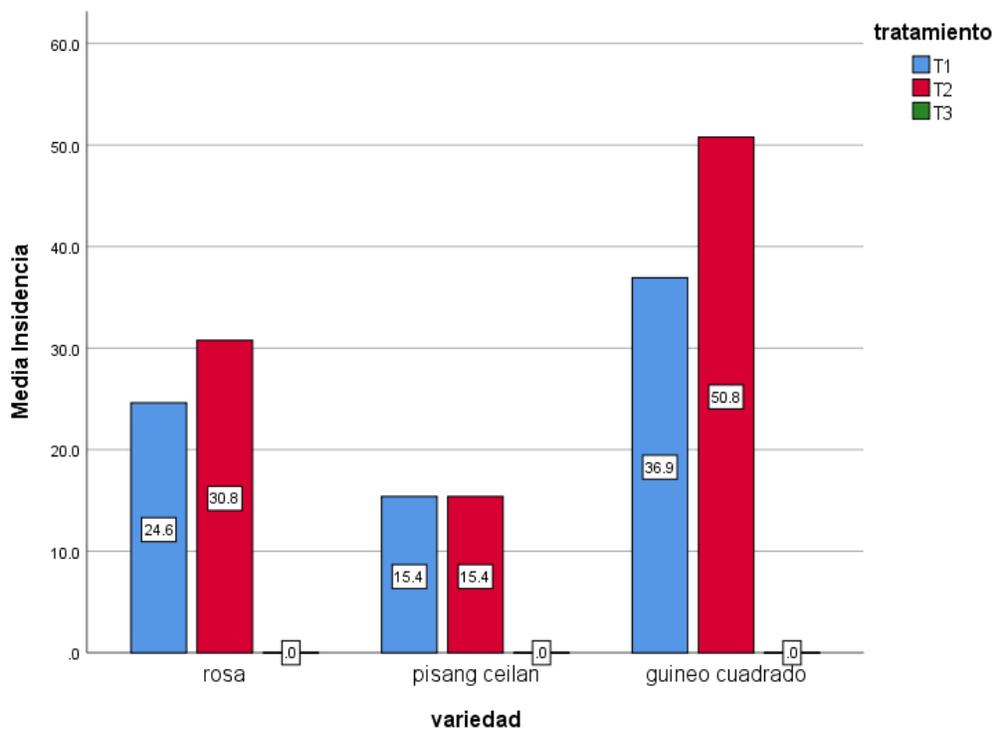
Se encontró que entre las variedades estudiadas la que presentó mayor incidencia, fue guineo cuadrado con 21.5%, seguido de banano de rosa con 13.8% y pisang ceilan 8%. Debido a que la cepa de *Fusarium oxysporum* aislada afecta a guineo cuadrado y la menor incidencia fue pisang ceilan la cual se considera una variedad resistente. Esto se relaciona con los estudios realizados por Plotz, et al. (1999), donde menciona que pisang ceilan es resistente a *Fusarium oxysporum* raza 1.

**Tabla 25. Comparación de medias N.S.K para incidencia en los tratamientos**

Tratamientos	Incidencia	Significancia estadística
T2	32,820539	a
T1	10,7692	b
T3	0000	c

Se observó que en el tratamiento T2, hubo una mayor incidencia de la enfermedad con 32.8%, en el T1 10.7% mientras que para el T3 fue de 0%. Debido a que los tratamientos T1, y T2 contenían la solución de *Fusarium oxysporum* mientras que el T3 era el testigo absoluto.

**Grafica 7. Incidencia**



En la gráfica 7. Se muestra incidencia de la enfermedad en las tres variedades evaluadas, en donde se encontró incidencia de 50.8% para guineo cuadrado con el tratamiento T2 y 36.9% para el tratamiento T1, en el banano de rosa la mayor incidencia fue de 30.8 para el tratamiento T2 seguido de 24.6 para el tratamiento T1, y en la variedad pisang ceilan fue donde hubieron 15.4 de incidencia para ambos tratamientos siendo estos los datos, más bajos.

El estudio se evaluó durante 2 meses, a los dos meses después de la siembra de microcormos en maceteras, los primeros síntomas de amarillamiento y marchitamiento empezaron a aparecer a partir de la cuarta semana después de inoculado el patógeno, mostrando banano rosa una mayor pérdida de turgencia y guineo cuadrado una severa decoloración. Esto concuerda con los resultados de Caballero (2011) que a partir de la tercera semana de inoculado el hogo empezó a observar los primeros síntomas mientras que, Ting, et al. (2003). A la cuarta semana después de la inoculación observo los primeros síntomas típicos de fusarium.

Romero (2023). Comparo la incidencia de fusarium en tres clones de plátanos se encontró que el clon Isla Maleño presentó un 72% de incidencia y el clon isla nacional 27%. Mientras que Darse (2013) encontró, en FOC1 un 100% y en FOC2 un 90% de incidencia en Gros michel y en FHIA 17 encontró 40% de incidencia en la semana 14 de evaluación, y Duarte & Rojas (2012), Encontraron la presencia de fusarium en la comunidad Monterrey con 8.50% de incidencia, y en Yasica Sur un 2% de incidencia de la enfermedad.

#### 6.4. Severidad

**Tabla 26. Análisis de varianza para severidad**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3522,825 <sup>a</sup>	8	440,353	9,595	,000
Intersección	2724,557	1	2724,557	59,369	,000
Variedad	387,571	2	193,786	4,223	,017
Concentraciones	2421,237	2	1210,618	26,380	,000
Variedad *	714,016	4	178,504	3,890	,005
Concentraciones					
Error	4956,298	108	45,892		
Total	11203,680	117			

Total corregido	8479,123	116
-----------------	----------	-----

a. R al cuadrado = .415 (R al cuadrado ajustada = .372)

En el análisis de varianza se muestra una diferencia significativa de 0.017 menor a 0.05 para variedades y 0.000 menor a 0.05 para tratamientos, en la combinación de tratamientos y variedades 0.005 igual a 0.005, Por lo tanto, la severidad de la enfermedad se comporta diferente en cada variedad y en cada tratamiento, similar a los resultados que obtuvo, Romero (2023), en la evaluación de clones de plátano variedad Isla a los 8 meses de plantación con 0.001 menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia significativa entre los clones evaluados. Mientras que Caballero (2011) encontró diferencia significativa entre tratamientos los cuales fue el uso de hongos endófitos para el biocontrol de fusarium, mientras que Castillo, (2021) obtuvo una diferencia significativa de 0.0001 en un sistema agroforestal.

**Tabla 27. Comparación de medias N.S.K para severidad en las variedades**

Variedades	Severidad	Significancias estadísticas
Guineo cuadrado	7.1590	a
Banano de rosa	4.6000	ab
	4.6000	
Pisang ceilan	2.7179	b

La variedad que presento una mayor severidad fue guineo cuadrado con 7.1%, seguido de Banano rosa con 4.6%, y la variedad con el menor porcentaje de severidad fue Pisang ceilan con 2.7%.

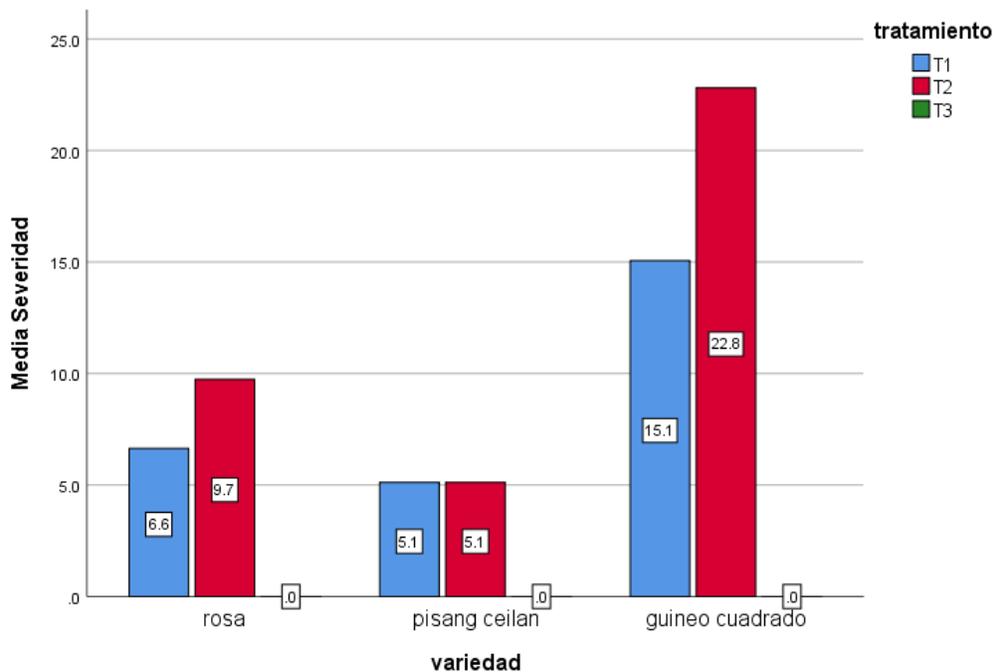
**Tabla 28. Comparación de medias N.S.K para severidad en los tratamientos**

Tratamientos	Severidad	Significancia estadística
T2	10,9231	a
T1	3.5538	b
T3	.0000	c

El tratamiento T2 mostro mayor severidad, con 10.9%, seguido del T1 con un 3.5% de severidad mientras que el T3, no mostro severidad debido a que es el testigo absoluto. Robins (2019),

Menciona que todos los tratamientos evaluados para biocontrol de Fusarium raza 1 presentaron igual o mayor a 90 % de severidad.

### **Grafica 8. Severidad**



En la gráfica se muestra severidad de la enfermedad en las tres variedades evaluadas, en donde se obtuvo una severidad de 22.8% para guineo cuadrado en el T2 y seguido 15.1% para el T1, en el banano de rosa la mayor severidad fue de 9.7% para el T2 seguido de 6.6 para el T1, y en la variedad pisang ceilan fue donde hubo 5.1 de severidad, para ambos tratamientos, siendo estos los datos, más bajos.

En las primeras cuatro semanas después de inoculado el patógeno se empezó a observar la perdida de turgencia en banano rosa, y un amarillamiento y aberturas del pseudotallo en guineo cuadrado, al igual como menciona Lara (2009). La severidad del amarillamiento y marchitamiento incrementaron. Las plantas de banano rosa presentaron síntomas internos, como es la necrosis en el corno, hilos color marrón en el cilindro central

Duarte & Rojas (2012), En condiciones de campo en la variedad gros michel, en la comunidad Monterrey encontraron un 79.17% de severidad y en la comunidad Yasica Sur un 46.15% de severidad.

### **6.5. Resistencia**

La media de los porcentajes de infección obtenidos fue, guineo cuadrado con 22.8% en T2 y 15% en T1, seguido de Banano rosa con 9.7% en T2 y 6.6% en T1, mientras que Pisang ceilan con 5.1% Tanto para T1 como para T2, donde vemos que hay similitud con el resultado que obtuvo Plotz,, et al. (1999). Al evaluar la respuesta de bananos inoculados con *Fusarium*, donde se demuestra, que banano blogue o guineo cuadrado a los seis meses evaluados murió mientras que Pisang ceilan mostro ser resistente a *Fusarium*, quien además menciona que el Departamento de Industrias Primarias de Queensland (QDPI) tiene a Pisang ceilan como una variedad con una racha libre de virus.

Romero (2023), realizó un estudio similar donde evaluó la resistencia de *Fusarium* sobre tres clones de plátano, variedad isla, donde obtuvo la mayor infección en el clon isla maleño con 63.3 %, seguido de isla guayaquil con promedio de 54, 2% y el menor porcentaje de infección lo obtuvo, Isla nacional con 44.4%, donde demuestra que ningún clon es resistente a *Fusarium*.

Méndez, et al. (1993). Citado por Cardenas, (2001). Señalan que concentraciones de 3 a 4.5% de ácido fusárico de extracto crudo de FOC inducen a resistentes al Mal de Panamá en condiciones in vitro.

## **VII. CONCLUSIONES**

Se encontró diferencia significativa en las variables como: altura, diámetro del pseudotallo, largo, ancho, número de hoja emitida.

Así, mismo se encontró diferencia significativa para las variables de patogenicidad (Incidencia y severidad).

En la variable incidencia y severidad se obtuvo que la variedad más resistente a fusarium fue Pisang Ceilan con media de 15% de incidencia en T1 y T2 y 5% de severidad en T1 y T2.

Se determinó que la variedad con mayor porcentaje de incidencia y severidad fue Guineo Cuadrado con 50.8% en T2 y 36.9% en T1 de incidencia mientras que severidad se obtuvo con 22.8% en T2 y 15.1% en T1.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la variedad pisang ceilan como alternativa ante un ataque de *Fusarium oxisporum cubense* raza 1.
2. Hacer el estudio incluyendo más variedades existentes en el país, que pueden ser materiales genéticamente resistentes.
3. Se recomienda recolectar muestras de *Fusarium oxisporum cubense* raza 1 en plantas con diferente grado de daño causado por el hongo.
4. Se recomienda continuar el estudio con mayor número de concentración esporas del hongo.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Amador, C & Castillo, J. (2013). Selección de plantas superiores de banano Gros Michel (AAA) en asocio café- árboles en cuatro fincas de la comunidad Yasica Sur San Ramón, Matagalpa, II semestre del año 2013.

Barrera J. (2010). Análisis de crecimiento en plantas. Pdf.

Blanco, F y Carcache, M. (2007). Análisis multisectorial para identificar

Brechas tecnológicas y retos para el desarrollo del sector

Musáceas en nicaragua pdf. <http://www.funica.org.ni/docs/Analisis-musaceas.pdf>

Bioversity international, (2013). Bananos Complemento del cafetal.

BCN. (2022). Producción agrícola.

Carr, C, et al. (2017). Marchitez por Fusarium o mal de Panamá del banano y otras musáceas pdf

Cardena . (2001). Selección de vitroplantas provenientes lije microsecciones lije banano de la variedad gros michel (aaa) resistentes a la raza 1 del mal de panama (*Fusarium oxysporum* l. sp. cubense). pdf

Caballero A, et al, (2011). Using Isolates Endophytic *Trichoderma* spp., for the Panamá disease biocontrol (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense ) race 1 in Gros Michel (AAA) cropper of banana vitro-plants with greenhouse conditions. UNAN-León. [https://agritrop.cirad.fr/561716/1/document\\_561716.pdf](https://agritrop.cirad.fr/561716/1/document_561716.pdf)

Corbana. (2017). Marchitez por Fusarium o mal de Panamá del banano y otras musáceas. [http://www.corbana.co.cr/fusarium/wp-content/uploads/2019/09/HD-n.%C2%B0-11-2017 - Marchitez-por-Fusarium.pdf](http://www.corbana.co.cr/fusarium/wp-content/uploads/2019/09/HD-n.%C2%B0-11-2017-Marchitez-por-Fusarium.pdf)

Castillo, T. (2021). Incidencia y severidad de Mal de Panamá (*Fusarium* Sp) en Guineo (*Musa balbisiana* ABB). <http://portal.amelica.org/ameli/journal/416/4162733012/html/>

Contreras,J.(2006).consideraciones generales de banano.archivo pdf. Disponible en:

[https:// www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456769/5721/7/CAP%C3%BDTULO%201.doc](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456769/5721/7/CAP%C3%BDTULO%201.doc)

CropLife, (2010). El mal de Panamá acecha a América Latina. <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/mal-de-panama>

CNP. (2018). Ficha de plátanos para los Estados Unidos pdf.

Damoradan T, et al. (2010). Breeding and evaluation of *Musa* hybrids resistant to

Fusarium oxysporum f. sp. Cubense race 1 pdf.  
<https://fruits.edpsciences.org/articles/fruits/pdf/2009/01/i9101.pdf>

Darce A. (2013). Evaluación de la agresividad de los aislamientos de Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza 1 causante de la enfermedad Mal de Panamá en vitroplantas de banano del cultivar Gros Michel (AAA) y FHIA 17 (AAAA) en condiciones de invernadero. Pdf

Dita, M. et al. (2018). Fusarium wilt of banana: current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. Pdf

Duarte, F y Rojas, B. (2012). Diagnóstico de Fusarium oxysporum en sistemas musáceas, café y forestales en fincas de Monterrey-Jinotega y Yasica Sur-San Ramón, Matagalpa, II Semestre 2012 pdf.

El nuevo diario. (2016). Ojo al mal de Panamá.  
<https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/391704-ojo-mal-panama/>

FAO, (2004). La economía mundial del banano 1985-2002.  
<https://www.fao.org./3/y5102s/y5102s00.htm#contents>

Flores, R. (2019). Control Biológico de la marchitez por fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*) raza 1, utilizando te de compost, Trichoderma sp, y Bacillus subtilis, en plantas de banano del cultivar, Gros Michel bajo condiciones de invernadero. Pdf.

G. N. Agrios, (2017). FITOPATOLOGÍA. Enfermedades causadas por Ascomycetes y hongos imperfectos (utsem-morelos.edu.mx).

Gonzales P. (2020). Método rápido aplicado en evaluación previa de resistencia del banano a Fusarium oxysporum f. sp. Cubense PDF.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v38n3/2007-8080-rmfi-38-03-384-en.pdf>

global science books (2012). fields evaluations of tissue cultured banana in the Northern Mariana Islands. [Available in]:  
[http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2012/FOOD\\_6\(1\)/FOOD\\_6\(1\)82-85o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2012/FOOD_6(1)/FOOD_6(1)82-85o.pdf)

Hidalgo, B, et al. (2014). Evaluación de Ondas Ultrasónicas para el manejo de Spodoptera frugiperda en el Laboratorio de Cría de Insectos Noctuidos, Centro de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos (CIRCB) Campus Agropecuario, UNAN-León, marzo-junio del 2014. Pdf.

INFOMUSA, (2001). Revista internacional sobre bananos et plátano. Vol 10, No1.  
[https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/\\_migrated/uploads/tx\\_news/Infomusa\\_\\_La\\_revista\\_internacional\\_sobre\\_bananos\\_y\\_pl%C3%A1tanos\\_959.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Infomusa__La_revista_internacional_sobre_bananos_y_pl%C3%A1tanos_959.pdf).

INTA. (2020). Estrategia para el incremento de la producción de los cultivos de plátano, banano y guineo pdf. [https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2020/01/Estrategia-para-el-incremento-de-la-prod ucci%C3%B3n-de-los-cultivos-de-pl%C3%A1tano-banano-y-guineo.pdf](https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2020/01/Estrategia-para-el-incremento-de-la-prod-ucci%C3%B3n-de-los-cultivos-de-pl%C3%A1tano-banano-y-guineo.pdf)

Lara, D. (2009). Uso de bacterias endofíticas para el control biológico del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) en el cultivar Gros Michel (AAA).

Mercado, J, et al. (1997). Guía tecnológica 16. Musáceas.

Mora E. (2011). Memoria de las Jornadas de Divulgación de la Investigación de la Sede del Atlántico en sus cuarenta aniversarios pdf.

Navia, M. (2011). Caracterización morfológica de cultivares.

Orozco, F. (2013). Evaluación de la proliferación de yemas axilares en plantas Élite y Testigo de plátano Hartón enano (*Musa* AAB) procedentes de la finca El Pegón y Santa Ana Luis del Departamento de León en condiciones de cámara térmica, junio-diciembre 2013, PDF

Recolectados de banano y plátano. Pdf, [http://banana-networks.org/musalac/files/2012/11/libro-caracterizacion-platan O.pdf](http://banana-networks.org/musalac/files/2012/11/libro-caracterizacion-platan-O.pdf)

Robins F. (2019). Control biológico de la marchitez por fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense), raza 1, utilizando te de compost, *Trichoderma*, sp. *Basilus subtilis* en plantas de banano Gros Michel (*musa* AAA), bajo condiciones de invernadero.

La república. (2022). ¿Qué es el diámetro, cuáles son sus características y cómo calcularlo?

Pocasangre, L. (2009). reunión de grupos de interés sobre los riesgos de la raza tropical 4 de fusarium, y otras plagas de musáceas para la región del OIRSA, América latina y el caribe.pdf

Plotz, R, et al. (1999). Responses of new banana accessions in south Florida to Panama disease. Pdf

PNCL-DH. (2022). Plan nacional de lucha contra la pobreza y para el desarrollo humano 2022-2026.

Rodríguez, D. (2009). Estado Actual del Mal de Panamá en Banano Manzano (AAB) y Bluggoe (ABB) en Venezuela pdf.

Roman, C. (2012). Consideraciones epidemiológicas para el manejo de la Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) del banano en la región central del Perú pdf.

Romero, D. (2023). Resistencia de tres clones de platano variedad Isla (*Musa* x *paradisica* L) a *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense en Chanchamayo. pdf

Sánchez, C. (2005). Cultivo y producción de plátanos.

Sousa, (2009). Morfología anatomía vegetal. La hoja. pdf

Ting, M, et al. (2003). Efecto del suelo con suprecion artificialmente inducida sobre el marcitamiento por fusarium. INFOMUSA. Vol 12. No 1. Pdf

Thourston, H & Galindo, J. (1989). Enfermedades de cultivos en el tropico. Pg 119.

Vargas, et al. (2015). La emisión foliar en plátano y su relación con la diferenciación flora. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212015000100012](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212015000100012).

Villalta, T, (2020). Evaluación de la incidencia del aceite ozonizado sobre el Fusarium oxysporum Raza 1 en el cultivar de banano (Musa acuminata AAA) Gros Michel a nivel de invernadero. pdf

Viera A y Perez L. (2009). Variabilidad genética de las poblaciones de fusarium oxysporum f. sp. cubense en bananos y plátanos de cuba. Pdf.

## X. ANEXO

Tabla 29. Operacionalización de la variable

Objetivo específico	variable	Subvariable	Definición	Unidad de medida	Indicador	Frecuencia
<b>Demostrar resistencia y susceptibilidad de banano rosa (ABB), Pisang Ceilán (AAB), guineo cuadrado criollo (ABB), infectadas con <i>Fusarium oxysporum f. sp. Cubense</i> raza 1.</b>	Patogenicidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Resistencia</b></li> </ul>	Acción o efecto de resistir o tolerar	En porcentaje %	Poca presencia de daño	Cada 3 días
	Parámetro de crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diámetro</b></li> <li>• <b>Altura</b></li> <li>• <b>Numero de hoja</b></li> <li>• <b>Ritmo de emisión foliar</b></li> </ul>	Medir el Desarrollo de las plantas en dos etapas de crecimiento	En cm/Unidad	Desarrollo de la planta	Cada 3 días
	Síntomas internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Severidad</b></li> </ul>	Medir el nivel de gravedad que tiene las plantas enfermedad	En porcentaje %	Presencia de daño en la planta inoculada	Cada 3 días
<b>Determinar el porcentaje de severidad e incidencia en plantas de banano rosa (ABB), Pisang Ceilán (AAB), guineo cuadrado criollo (ABB), infectados por <i>Fusarium oxysporum f. sp. Cubense</i> raza 1.</b>	Síntomas externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Incidencia</b></li> </ul>	Porcentaje de daño ocurrido en las plantas inoculada	En porcentaje %	Promedio de Daños en las plantas inoculada	Cada 3 días
	Declaración de hojas más viejas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Declaración de hoja y pseudotallo</b></li> </ul>	Es el amarillamiento de las hojas por falta de clorofila	En porcentaje %	Perdida de la coloración de la hoja	Cada 3 días
	Decoloración interna de la planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Decoloración interna de la planta</b></li> </ul>	Cambio de color de los haces vasculares de la planta	En porcentaje %	Cambio de coloración interna en los haces vasculares	Cada 3 días

**Tabla 30. Presupuesto**

<b>Actividades</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario C\$</b>	<b>Costo total C\$</b>
<b>Preparación de medio</b>	DH	0.5	250	125
<b>Siembra de patógeno sobre PDA</b>	DH	0.5	250	125
<b>Subcultivo</b>		0.5	250	125
<b>Esterilización de sustrato</b>	DH	3	250	750
<b>Siembra de cormos</b>	DH	2	250	500
<b>Inoculación del sistema radicular</b>	DH	1	250	250
<b>Toma de datos</b>	DH	28	250	7000
<b>Transporte</b>	DH	28	60	1680
<b>Alimento</b>	Plato	28	60	1680
<b>Subtotal</b>			<b>1870</b>	<b>12,235</b>
<b>Materiales</b>				
<b>Gastos institucionales</b>				
<b>Maceteras de 5 L</b>	-	50	80	4,000
<b>Platos Petri con PDA</b>	PDA	10	20	200
<b>Cormos</b>	Pts	50	10	500
<b>Espátula</b>	-	1	120	120
<b>Alcohol</b>	Lts	1	120	120
<b>Agua destilada</b>	Lts	1	50	50
<b>Cloro al 1%</b>	Lits	1	100	100
<b>Papel toalla</b>	-	1	40	40
<b>Papel Parafilm</b>	-	1	50	50
<b>Gasa</b>	-	1	30	30
<b>Cámara de flujo laminar</b>		1	8,000	8000
<b>Microscopio</b>		1	30,000	30000

<b>Erlenmeyer</b>		1	1,000	1000
<b>Pipeta</b>		1	200	200
<b>Subtotal</b>			<b>39820</b>	<b>44,410</b>
<b>Gastos del estudiante</b>				
<b>Hoja de campo</b>	-	1	30	30
<b>Lápiz</b>	-	1	10	10
<b>Bolsas de plástico</b>		6	25	150
<b>Computadora</b>		1	10,000	10000
<b>Internet</b>	Plan	4	600	2400
<b>Subtotal</b>			<b>10665</b>	<b>12,590</b>
<b>Total</b>				<b>69,235</b>

**Identificación de estructuras reproductivas de *fusarium***



**Figuran 4. inoculación de fusariumIdentificación de estructuras reproductivas de fusarium**



**Figura 5. inoculación de fusarium**



**Figura 6. identificación de síntomas**

		Banano rosa										
Fecha	T1	Altura	Diametro	Numero de Hojas	Largo de Hoja	Ancho de hoja	Largo del peciolo	Grado de decoloracion foliar	Grado de decoloracion del pseudotallo	% Incidencia npe *100/ntpe	% severidad suma(np por grado)*100/npe* grado mayor	
		1										
		2										
		3										
		4										
		5										
	T2	1										
		2										
		3										
		4										
		5										
	T	1										
		2										
		3										

Figura 7. Hoja de muestreo para banano de rosa

		Banano Pisang ceilang							Patogenicidad				
Fecha	T1	Parametro de crecimiento							Tiempo	Grado de decoloracion foliar	Grado de decoloracion del pseudotallo	% incidencia	% severidad
		Tiempo	Altura	Diametro	Numero de Hojas	Largo de Hoja	Ancho de hoja	Largo del peciolo					
		1											
		2											
		3											
		4											
		5											
	T2	1											
		2											
		3											
		4											
		5											
	T	1											
		2											
		3											
		4											
		5											

Figura 8. Hoja de muestreo para pisang ceilan

		Guineo cuadrado						Patogenicidad					
		Parametro de crecimiento											
		Tiempo	Altura	Diametro	Numero de Hojas	Largo de Hoja	Ancho de hoja	Largo del peciolo	Tiempo	Grado de decoloracion foliar	Grado de decoloracion del pseudotallo	% incidencia	% severidad
Fecha	T1												
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	T2												
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	T												
	1												
	2												
	3												
	4												

**Figura 9. Hoja de muestreo para guineo cuadrado**