UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

"EFECTO DE UN FUNGICIDA SISTEMICO APLICADO A DIFERENTES HORAS EN UNA PLANTILLA DE BANANO, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA"

SANMARTIN SANMARTIN KATTY NATALY
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2017

UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

"EFECTO DE UN FUNGICIDA SISTEMICO APLICADO A DIFERENTES HORAS EN UNA PLANTILLA DE BANANO, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA"

SANMARTIN SANMARTIN KATTY NATALY
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2017

UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

"EFECTO DE UN FUNGICIDA SISTEMICO APLICADO A DIFERENTES HORAS EN UNA PLANTILLA DE BANANO, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA"

SANMARTIN SANMARTIN KATTY NATALY
INGENIERA AGRÓNOMA

CERVANTES ALAVA ABRAHAN RODOLFO

MACHALA, 13 DE SEPTIEMBRE DE 2017

MACHALA
2017

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado "EFECTO DE UN FUNGICIDA SISTEMICO APLICADO A DIFERENTES HORAS EN UNA PLANTILLA DE BANANO, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA", hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.

CERVANTES ALAVA ABRAHAN RODOLFO
1201941463
TUTOR - ESPECIALISTA 1

MALDONADO MORA TROSSKY STALIN
0702800178
ESPECIALISTA 2

JARAMILLO AGUILAR EDWIN EDISON
0703178913
ESPECIALISTA 3

Machala, 13 de septiembre de 2017

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Katty-San-Martín-Urkund.docx (D30177849)
Submitted: 2017-08-18 20:35:00
Submitted By: acervantes@utmachala.edu.ec
Significance: 3 %

Sources included in the report:

Tesis Banano Evelyn Urkund 1.docx (D14252111)
tesis final jimmy.docx (D16304184)
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10521/1/DE00002_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf
http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1932/1/T-UTEQ-0040.pdf

Instances where selected sources appear:

5

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, SANMARTIN SANMARTIN KATTY NATALY, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado "EFECTO DE UN FUNGICIDA SISTEMICO APLICADO A DIFERENTES HORAS EN UNA PLANTILLA DE BANANO, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA", otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las dispociones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 13 de septiembre de 2017

SANMARTIN SANMARTIN KATTY NATALY
0705225076

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a **Dios** por permitirme culminar con felicidad y protegerme cada paso que di, cuidándome y dándome esa fortaleza para seguir adelante, a toda mi familia quienes a lo largo de mi carrera me han apoyado por mi bienestar, y a mi hermano **Carlos Jorge SanMartin SanMartin**, que desde la distancia me alentado para conseguir lo propuesto. Y la Virgen Santísima del Cisne que supo escuchar mi suplicas y guiarme por el buen camino. A mi abuelita **María Clara Luz Guerrero** quien supo cuidarme y aconsejarme día a día. Y a mi Padre **Juan de la Cruz SanMartin Armijos** que desde el cielo supo protegerme y guiarme por el camino del bien. Seguiré alcanzando mis objetivos y metas si tú me lo permites mi **Dios.**

Katty Nataly SanMartin

AGRADECIMIENTO

Agradecida con todos los docentes de quienes conforman la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la carrera de Ingeniería Agronómica.

A mi Madre Rosa Albertina SanMartin Guerrero por apoyarme día a día. A mis hermanas Paola y Cecilia SanMartin SanMartin que siempre están apoyándome.

A mi Tutor como es el **Ing. Abrahán Rodolfo Cervantes Álava,** por la ayuda brindada durante el trabajo experimental.

A los **Ingenieros Trossky Stalin Maldonado Mora, Edwin Edinson Jaramillo Aguilar y Rigoberto Miguel García Batista** por la colaboración brindada en el proceso de mi carrera de pre grado.

A mi amigo incondicional **Jinsoph Armando Ordoñez Pacheco** quien estuvo en las buenas y malas alentándome para alcanzar la meta propuesta.

Al señor Sociólogo **Manuel Santos Luna** quien supo aconsejarme y guiarme para alcanzar la meta.

Katty Nataly SanMartin

RESUMEN

EFECTO DE UN FUNGICIDA SISTÉMICO APLICADO A DIFERENTES HORAS EN UNA PLANTILLA DE BANANO, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis,* M.*).*

Autora:

Katty Nataly SanMartín Sanmartin.

Tutor:

Ing. Agr. Abrahan Rodolfo Cervantes Alava.

El banano es uno de los cultivo más importante de los países latinoamericanos de Sudamérica que se cultiva en las regiones tropicales de más de 100 países desempeñando un papel clave en el sustento de muchas familias en países en desarrollo convirtiéndola en una fuente principal económica en los países que la produzcan como en el Ecuador, entre las enfermedades que reducen los rendimientos del banano, la enfermedad de Sigatoka negra es causada por el hongo hemibiotrófico *Mycosphaerella fijiensis. Morelet*(Stover, 1980) siendo esta la más perjudicial en el desarrollo de la fruta la cual este hongo ataca a las hojas disminuyendo el área fotosintética de la planta provocando la maduración prematura de la fruta resultando en pérdidas significativas de producción hasta un 40% del peso del racimo, ya que dichas manchas foliares de Sigatoka negra requiere de aplicaciones frecuentes de fungicidas sistémicos ya que tiene una capacidad significativa de variación y adaptación, cuya patogenicidad es continua en el tiempo, espacio y presión, ocasionando pérdidas económicas significativas que influyen directamente en los costos de producción. En el control actual de esta enfermedad se basa principalmente en las aplicaciones recurrentes de fungicidas protectores y sistémicos que se aplican durante todo el año en plantaciones de banano de exportación. Esta enfermedad foliar representan el principal obstáculo para la producción de banano, muchas de las aplicaciones foliares tiene factores externos que influyen bastante en la eficacia del control del fungicida cuando sus aplicaciones son realizadas en horas de la mañana o algunas otras aproximándose al medio día ocasionando grandes variaciones en la cobertura y control que se las puede medir mediante el preaviso biológico y stover , dentro de las gama de productos para el control se encuentra los fungicidas sistémicos y de contacto en el cual la rotación de ellos es muy importante para su eficacia, para ello se usará un fungicida sistémico como lo es el Paladium con una dosis de T1:0.4 litros. Ha^{-1}como testigo a las 17:00, mientras que los tratamientos serán aplicaciones del mismo fungicida pero a diferentes horas (T2: 09:00, T3: 11:00, T4: 13:00 y T5: 15:00) en un diseño de bloque al azar con arreglo de factores de los cuales la posición de la hoja (centro o punta) es el otro factor importante de este estudio, además de establecer los efectos de la influencia de la temperatura al aplicar un fungicida sobre el ángulo de la hoja banano debido a los rayos solares a diferentes horas del día mediante un análisis de regresión lineal, de todos los tratamientos no hubo significancia estadística ni tampoco en la posición de la hoja llegando a concluir que el efecto del fungicida a esas dosis resultó ser igual estadísticamente como en posición de la hoja , mientras que en el análisis de regresión de vio influenciada que existe gran influencia de la hora del día en que se aplicará el producto por lo tanto es importante tomar en cuenta este factor importante durante las aplicaciones de los fungicidas para el control de la enfermedad.

Palabras claves: Sigatoka, Paladium, Estado evolutivo, Stover, porcentaje de incidencia.

SUMMARY

EFFECT OF A SYSTEMIC FUNGICIDE APPLIED TO DIFFERENT HOURS ON A BANANA TEMPLATE FOR THE CONTROL OF SIGATOKA NEGRA (Mycosphaerella fijiensis, M.).

Authora:

Katty Nataly SanMartín Sanmartin.

Tutor:

Ing. Agr. Abrahan Rodolfo Cervantes Alava.

The banana is the fourth most important crop after rice, wheat and maize, is cultivated in the tropical regions of more than 100 countries play a key role in the livelihood of many families in developing countries making it a main source economic conditions in countries that produce it as in Ecuador, among the diseases that reduce the yields of bananas, the disease of black Sigatoka disease is caused by the fungus hemibiotróficoMycosphaerellafijiensisMorelet (Stover, 1980) I feel this the most damaging in the development of the fruit which this fungus attacks to the leaves by decreasing the area photosynthetic of the plant causing premature ripening of the fruit resulting in significant losses of Production up to 40% of the weight of the bunch, since such spots foliar black sigatoka requires frequent applications of systemic fungicides because it has a significant capacity of variation and adaptation, whose pathogenicity is continuous in time, space and pressure, causing significant economic losses that have a direct influence on the costs of production. In the current control of this disease is mainly based on the applications recurring fungicides protectors and systemic that apply throughout the year in banana plantations for export. This foliar disease represent the main obstacle for the production of bananas, many of the foliar applications has external factors that influence quite on the effectiveness of the control of the fungicide when their applications are performed in the morning hours or some other approaching half a day causing large variations in the coverage and control that can be measure using the notice biological and Stover , within the range of products for the control is systemic fungicides and contact in which the rotation of them is very important for its effectiveness, for this is to use a systemic fungicidal as is the Paladium with a dose of T1:0.4 liters. Ha-1 as a witness to the 07:00, whereas treatments will be applications on the same fungicide but at different times (T2: 08:00, T3: 08:30, T4: 09:00 and T5: 07:30) in a block design at random on the basis of factors of which the position of the sheet (center or tip) is another important factor in this study, in addition to establishing the effects of the influence of the temperature when applying a fungicide on the blade angle banana due to the solar rays at different times of the day using a linear regression analysis, all treatments there was no statistical significance nor in the position of the blade coming to the conclusion that the effect of the Fungicide to these doses resulted to be equal statistically as in position of the sheet , while in the regression analysis of influenced that there is a great influence on the time of day to apply the product it is therefore important to take into account this important factor during the applications of the fungicides to control the disease.

Key words: Sigatoka, Paladium, evolutionary status, Stover, percentage of index.

1 ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN 7

2. REVISIÓN DE LITERATURA 9

2.1 SIGATOKA NEGRA 9

2.1.1 PROBLEMÁTICA DE LA ENFERMEDAD EN EL PAÍS. 9

2.1.2 SÍNTOMAS DE LA ENFERMEDAD. 10

2.1.3 EL PATÓGENO. 11

2.2 ESTUDIO FISIOLÓGICO. 13

2.2.1 EVALUACIONES DE DESARROLLO DE SIGATOKA NEGRA. 14

2.3 CONTROL QUÍMICO. 15

2.3.1 PRINCIPALES FAMILIAS DE INGREDIENTES ACTIVOS DE FUNGICIDAS SISTÉMICOS UTILIZADAS EN PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS (FRAC, 2007). 16

2.3.1.1 Inhibidores de la biosíntesis de esteroles (SBI). 16

2.4 PRODUCTO APLICADO. 18

2.4.1 MODO DE ACCIÓN. 19

2.4.2 MECANISMO DE ACCIÓN. 19

2.4.3 GENERALIDADES. 19

2.4.4 ÉPOCA Y FRECUENCIA DE APLICACIÓN. 19

2.4.5 SUSPENSIÓN. 20

2.4.6 EMULSIÓN. 20

2.4.7 DOSIS 20

3. MATERIALES Y MÉTODOS 21

3.1 MATERIALES. 21

3.1.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO. 21

3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA 21

3.1.3 CLIMA Y ECOLOGÍA 22

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN. 22

3.3 MATERIALES UTILIZADOS 22

3.3.1 MATERIALES DE CAMPO. 22

3.4 TRATAMIENTOS. **22**

3.5 VARIABLES EVALUADAS **23**

3.7 MEDICIÓN DE LA VARIABLE. **24**

3.7.1 TIPO DE VARIABLE CUANTITATIVA PORCENTAJE DE INFECCIÓN EN LA HOJA 1 Y 2. 24

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL. **24**

3.8.1 DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR. 24

3.8.2 OBJETIVO Y CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO. 24

3.8.3 ARREGLO EN UNIDADES DIVIDIDAS. 25

3.8.3.1 Cálculo de grados de libertad: 25

3.8.4 MODELO MATEMÁTICO. 25

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **28**

4.1 ANÁLISIS EN HOJA 1, A LOS 21 DÍAS DE APLICACIÓN EN SEGUNDO ESTADIO. **28**

4.2 ANÁLISIS EN HOJA 1, A LOS 21 DÍAS DE APLICACIÓN EN TERCER ESTADIO. **29**

4.3 ANÁLISIS EN HOJA 2, A LOS 21 DÍAS DE APLICACIÓN EN SEGUNDO ESTADIO. **31**

4.4 ANÁLISIS EN HOJA 2, A LOS 21 DÍAS DE APLICACIÓN EN TERCER ESTADIO. **32**

4.5 ANÁLISIS DE REGRESIÓN. **34**

V. CONCLUSIONES **36**

VI. RECOMENDACIONES **37**

VII. BIBLIOGRAFÍA **38**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Síntomas y estados de la enfermedad, Pérez (2013). 11

Figura 2. Características morfológicas de la Sigatoka negra, Pérez (2013). 12

Figura 3. Influencia del período de incubación a alta humedad relativa de fragmentos de hojas con manchas, en frecuencia e intensidad de liberación de ascosporas de M. fijiensis (Pérez, 2013). 13

Figura 4. Etapas de desarrollo de una nueva hoja según descripción de Brun (1958) y FAO (2013). 14

Figura 5. Los fungicidas triazoles más comunes utilizados en el manejo de manchas foliares de Sigatoka (Pérez, 2013). 17

Figura 6. Fungicidas de Morfolina utilizados en el control de manchas foliares de Sigatoka. 17

Figura 7.Estructura molecular de la spiroxamine. 18

Figura 8. Coeficiente de octanol: agua (LogP) de diferentes fungicidas en relación con su movilidad en la planta. 18

Figura 9. Ubicación geográfica del sitio de investigación. 21

Figura 10. Niveles de significancia de las aplicaciones de paladium, en segundo estadio, hoja 1 a los 21 días. 28

Figura 11. Niveles de significancia en la posición de la hoja 1 en segundo estadio, hoja a los 21 días. 29

Figura 12. Niveles de significancia de las aplicaciones de paladium en tercer estadio, hoja 1 a los 21 días. 30

Figura 13. Niveles de significancia en la posición de la hoja en tercer estadio, hoja 1 a los 21 días. 30

Figura 14. Niveles de significancia de las aplicaciones de paladium en segundo estadio, hoja 2 a los 21 días. 31

Figura 15. Niveles de significancia en la posición de la hoja en segundo estadio, hoja 2 a los 21 días. 32

Figura 16.Niveles de significancia de las aplicaciones de paladium en tercer estadio, hoja 2 a los 21 días. 33

Figura 17. Niveles de significancia en la posición de la hoja en tercer estadío, hoja 2 a los 21 días. 33

Figura 18. Análisis de regresión entre las horas con él % de infección. 34

Figura 19.Análisis de regresión entre la temperatura con él % de infección. 35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosis del fungicida Paladium para el control de Sigatoka negra Morelet. 20

Tabla 2. tratamientos usados en la investigación. 23

Tabla 3. Variables para el análisis de varianza. 23

Tabla 4. Metodología para el análisis de pizcas. 24

Tabla 5. Arreglo de unidades experimentales en bloques al azar. 25

Tabla 6.Cálculo de grados de libertad 25

Tabla 7.Análisis de varianza para la determinación del efecto de los tratamientos 26

Tabla 8. Correlación de Pearson, Martínez (2009). 27

Tabla 9.Análisis de varianza de tukey al 95% de confiabilidad en pizcas de segundo estadío 28

Tabla 10. Análisis de varianza de tukey al 95% de confiabilidad en pizcas de tercer estadío. 29

Tabla 11. Análisis de varianza de tukey al 95% de confiabilidad en segundo estadío. 31

Tabla 12. Análisis multifactorial de tukey al 95% de confiabilidad, hoja 2 tercer estadio.32

Tabla 13. Análisis de varianza para regresión entre las horas con él % de infección. 34

Tabla 14. Análisis de varianza entre el % de infección y la temperatura. 34

1. INTRODUCCIÓN

El banano, el cuarto cultivo más importante después del arroz, el trigo y el maíz, se cultiva en las regiones tropicales de más de 100 países desempeñando un papel clave en las economías de muchos países en desarrollo (Frison et al., 2004). Entre las enfermedades que reducen los rendimientos del banano, la enfermedad de Sigatoka negra es causada por el hongo hemibiotrófico *Mycosphaerella fijiensis.Morelet*(Stover, 1980) siendo esta la más perjudicial. El hongo ataca a las hojas disminuyendo el área fotosintética de la planta y provoca la maduración prematura de la fruta resultando en pérdidas significativas de producción hasta un 50% del peso del racimo(Castelan, 2012).

El control actual de esta enfermedad se basa principalmente en las aplicaciones recurrentes de fungicidas protectores y sistémicos que se aplican durante todo el año en plantaciones de banano de exportación (Gutiérrez, Mosquera, González, Mira, & Villegas, 2015). Estas enfermedades foliares representan el principal obstáculo para la producción de banano, las áreas de pequeños productores, y la calidad de la fruta producido bajo estas condiciones subtropicales es desconocido, sobre la calidad postcosecha y la Maduración de frutos de banano en condiciones subtropicales.

La Sigatoka negra han presentado a los agricultores un reto importante, si la enfermedad no es controlada, provoca la muerte prematura de grandes áreas de la planta, la superficie de la hoja que resulta en área fotosintética reducida, por lo que la fruta no madura en los absolutos, mientras que el tamaño de los racimos y los dedos individuales se reducen además que la fruta tiende a madurar prematuramente (Cook, 2013).

Barekye, Tongoona Y Derera, (2011) también indica que la Sigatoka negra provoca una disminución severa del rendimiento del banano a través de la reducción del área fotosintética y, por lo tanto, provoca el llenado de los racimos pobres. Las estrategias de manejo cultural y químico para la Sigatoka negra no han demostrado ser efectivas como se observó en los informes disponibles. La producción de banano en grandes plantaciones comerciales depende en gran medida de los aerosoles de fungicidas para controlar la Sigatoka negra.

Objetivo General:

Establecer los efectos de la influencia de la hora de aplicación y temperatura con el efecto de fungicida sobre el ángulo de la hoja banano.

Objetivos Específicos:

1. Determinar el mejor efecto del control sobre los tratamientos aplicados en las hojas de banano
2. Evaluar el control utilizando el porcentaje de infección por el método Stover.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 SIGATOKA NEGRA

Las enfermedades de las manchas foliares de *Mycosphaerella* son las principales enfermedades foliares de los plátanos y son causadas por dos hongos patógenos: *Mycosphaerella fijiensis.Morelet*, responsable de la Enfermedad de la Hoja Negra y *Mycosphaerella musicola.Leach*, que es responsable de la Sigatoka Disease (SD, también llamada Sigatoka amarilla). Los bananos de postre, el tipo de plátano que se prefiere para la exportación, son altamente susceptibles a ambas enfermedades Las infestaciones intensas de estas enfermedades foliares pueden llevar a una reducción considerable en el área foliar fotosintética de la planta. Como consecuencia, los racimos y frutas tienen menor peso (Gutiérrez, Mosquera, González, Mira, & Villegas, 2015).

La enfermedad de la Sigatoka en la plantación de banano es una de las enfermedades graves después del mal de panamá, considerada como una amenaza potencial para la producción mundial de banano causando que destruya gran área fotosintética de la hoja, lo que resulta en la caída prematura de hojas y maduración prematura madura de las frutas cuyo género contiene varias especies, conocidas por causar manchas foliares en el plátano bananero (Irish & Goenaga, 2013).

Por otra parte Aman y Rai (2015) *Mycosphaerella fijiensis.Morelet* causa la enfermedad de la Sigatoka negra, y que está muy extendida en Principales zonas productoras de banano, específicamente en el Sudeste Asiático, Pacífico, América Latina y África (Martínez, 2012).

2.1.1 Problemática de la enfermedad en el país.

Las manchas foliares de Sigatoka negra requiere de aplicaciones frecuentes de fungicidas sistémicos ya que tiene una capacidad significativa de variación y adaptación, cuya patogenicidad es continua en el tiempo, espacio y presión, ocasionando pérdidas económicas significativas que influyen directamente en los costos de producción (Cuellar, 2011).

Herrmanto y Opina (2010) indican que el manejo de la enfermedad de Sigatoka generalmente se hace mediante la aplicación de fungicidas en plantaciones comerciales. Debido al mayor

uso de fungicidas químicos, los fungicidas consumen el 25% del costo total de producción del plátano y anualmente se realizan 20 a 25 ciclos de aplicación de fungicidas para el manejo de la enfermedad que a causa de este exceso de uso de los fungicidas, existen informes que indican la resistencia a fungicidas de contacto como el mancozeb, el clortalonil de las principales zonas productoras de banano (Churchill, 2011).

Samuelian (2014), también indica que en un estudio reciente de productores confirmó que ha habido un mayor uso de chlorothalonil como sustituto de mancozeb y aceite y el interés en la combinación de chlorothalonil con fungicidas sistémicos para controlar la Sigatoka amarilla Este cambio ha sido en gran parte debido al aumento del costo del aceite parafínico.

2.1.2 Síntomas de la enfermedad.

Leiva (2015) indica que el ciclo de la enfermedad de *M. fijiensis* consta de cuatro etapas distintas que incluyen la germinación de esporas, la penetración del huésped, el desarrollo de síntomas y la producción de esporas. Después de un período de crecimiento epifílico de 2 a 3 días, los tubos germinativos penetran en los estomas, en condiciones favorables, los primeros síntomas aparecen generalmente de 10 a 14 días en adelante después de la incubación (Figura 1); los síntomas evolucionan gradualmente de la etapa 1 (vetas) a la primera etapa de las manchas (necrosis, período de transición) y las etapas 5 y 6. Las conidias se producen en fases tempranas (etapas 2-4) y la dispersión a corta distancia es principalmente por el agua, aunque también puede ocurrir dispersión por el viento (Pérez L. , 2013).

Las ascosporas, producidas en etapas posteriores, están dispersas por el viento (después de la explosión de la pseudotecia) y se dispersan a distancias más largas que las conidias.
Fouré (1984) indica seis lesiones que representan la evolución de la enfermedad.

- Primera etapa: es una mancha marrón rojizo débil de menos de 0,25 mm de diámetro visible en la parte inferior de las hojas.
- Segunda etapa: se caracteriza por una elongación de las motas que se convierten en rayas rojizas a lo largo del eje longitudinal de la raya, paralelas a las venas de la hoja.

- Tercera etapa: las rayas alcanzan unos 20 x 2 mm, y cambian a marrón oscuro. Las conidias se producen en la segunda y tercera etapa. Si las rayas son numerosas en esta etapa, toda la hoja puede volverse negra.
- Cuarta etapa o primera etapa: cuando las lesiones se convierten en manchas que se convierten en fusiformes o elípticas con bordes empapados de agua.
- Quinta etapa: Se alcanza cuando el centro marrón oscuro o negro de los puntos se deprime y las manchas son rodeadas por un halo amarillo. En esta etapa se producen conidios y ascosporas.
- Sexta etapa: el centro del lugar es gris claro y seco. Cuando las manchas se unen, secciones enteras de hojas se vuelven necróticas. En estas secciones, la producción de ascospores es alta. Después de la floración y la producción de frutas, las plantas pueden perder todas las hojas (Figura 2).

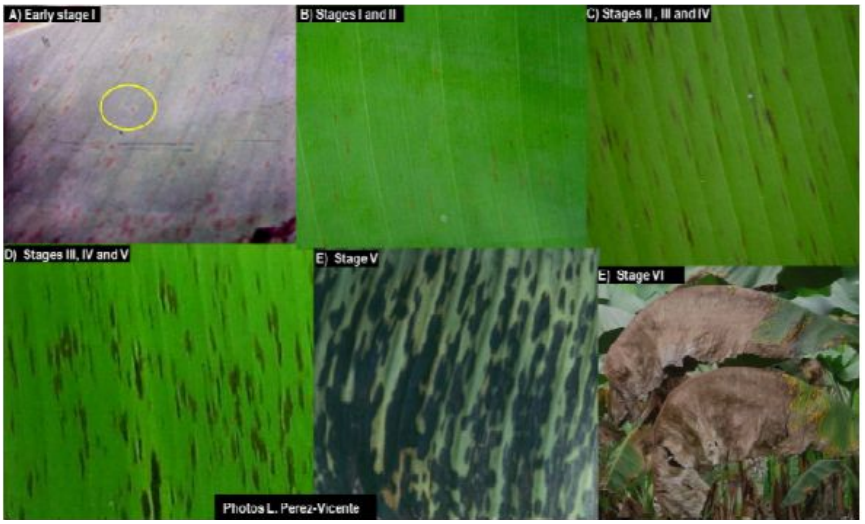


Figura 1. Síntomas y estados de la enfermedad, Pérez (2013).

2.1.3 El patógeno.

Sagratzki, (2015) *Mycospherella fijiensis* pertenece a la clase Dothideomycetes, al orden Capnodiales y a la familia Mycosphaerellaceae y es el miembro más destructivo del "complejo de la enfermedad de Sigatoka", que incluye a M. musicola (anamorfo Pseudocercospora musae) y M. eumusae (anamorfo P. eumusae), que Causa Eumusae enfermedad de la mancha de la hoja. Las tres especies son hemibiotróficas y heterotales(Stover, 1980).

Se observó que los conidióforos desarrollaban de cuatro a seis células absorbidas de la cámara substomática y emergían a través de estomas, en fascículos de dos a cuatro. Los conidióforos son de color marrón claro, recto a curvado variable, con una célula basal más ancha y 0-5 septos, 27-71 x 3-5 µm y con hasta seis cicatrices en el ápex o en un hombro lateral ligero. En la etapa de 8 a 12 días, los cultivos de aislamiento de esporas individuales desarrollaron conidióforos hialinos produciendo conidios en el extremo. Las conidias son obclavate, hialino a marrón de color verde oliva, 5-8 septa, 27-110 x 2-5 µm y con un pozo marcado que permite una fácil dispersión por el viento(Pérez L. , 2013).

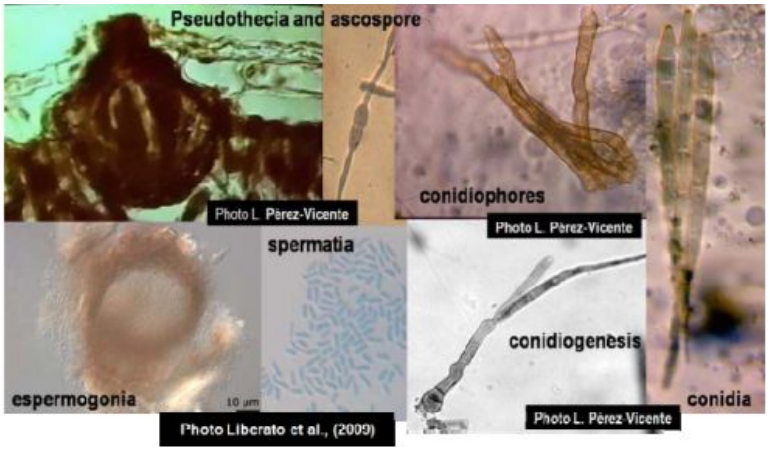


Figura 2. Características morfológicas de la Sigatoka negra, Pérez (2013).

Las pseudotecias, que aparecen en manchas en las etapas 4 a 6, son anfibias y eruptivas, con un ostiol oscuro papillado y paredes compuestas de dos o tres capas de celdas marrones oscuras poligonales. Son más abundantes en el lado adaxial de las hojas, con un diámetro Entre 43 y 86,5 µm, sin parafisis, con dos hileras de ascosporas bicelulares hialinas, fusiformes a escindidas, con una célula anterior más grande y una constricción marcada a nivel de septa, 12-16 x 2,5-5,0 µm. Las espermogonias son más abundantes en el lado adaxial de las hojas, globosas, con paredes de color marrón pálido de 23-55 µm de diámetro con un ostiole ligeramente prominente que emerge por estomas y tienen filas unicelulares, bacilares, hialinos truncados por sus extremos espermáticos de 2,0-4,5 x1,5-3,0 µm(Young, 2011).

Pérez, (2013) ambosanamorfos y teleomorfos de M. fijiensis pueden estar concurrentemente presentes en las hojas infectadas. La pseudotecia y la espermogonía se producen en las etapas 5 y 6 y son más abundantes en la superficie adaxial (superior) que abaxial (inferior) de las manchas.

El desarrollo abundante de las esporas asexuales y sexuales tiene lugar en el clima cálido y lluvioso. Las superficies de las hojas húmedas favorecen la liberación de espermatias. Esto es seguido por la fertilización de protopseudothecia y el desarrollo de ascosporas, que son liberados por la lluvia y en presencia de una película de agua sobre las hojas(Tumbaco, 2011). La duración de la humedad foliar es importante para completar el desarrollo y la liberación de pseudotecia y ascosporas (Figura 3). La liberación de ascosporas es importante en los primeros 30 minutos después de que las hojas se mojen con manchas y se completa en un período de una hora.

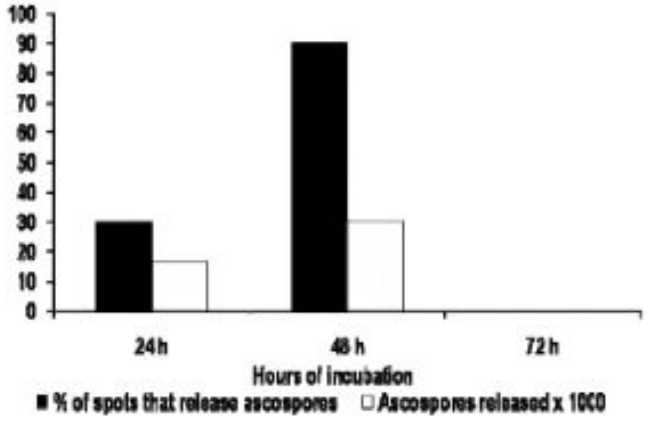


Figura 3. Influencia del período de incubación a alta humedad relativa de fragmentos de hojas con manchas, en frecuencia e intensidad de liberación de ascosporas de M. fijiensis (Pérez, 2013).

2.2 ESTUDIO FISIOLÓGICO.

Pérez (2012) indica que el éxito o el fracaso de las medidas de control es el resultado de un equilibrio entre la tasa de formación de la necrosis causada por el hongo y la tasa de aparición foliar, por lo que es importante conocer la tasa de emergencia de las hojas. Si no se tiene en cuenta, podría dar lugar a una subestimación o sobreestimación de la tasa real de desarrollo de la enfermedad en el campo. Por lo tanto, la estimación de la tasa de aparición de las hojas es importante. El desarrollo de una planta puede representado por un número compuesto por una parte entera (número total de Hojas) y un decimal (la etapa de desarrollo de la hoja emergente) que es determinado de acuerdo con las fases descritas en la figura 4.

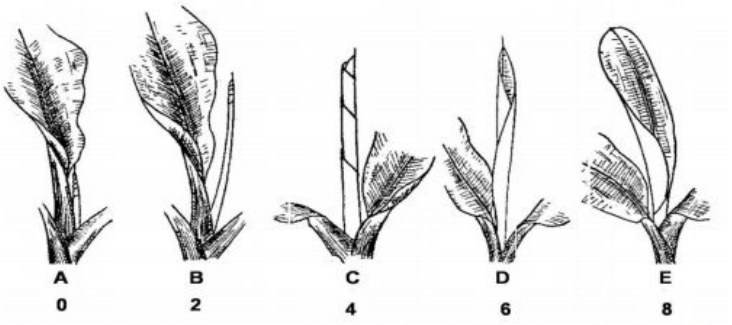


Figura 4. Etapas de desarrollo de una nueva hoja según descripción de Brun (1958) y FAO (2013).

Las tasas de emergencia de las hojas se determinan por la diferencia entre los datos de dos evaluaciones consecutivas. Si diez plantas son evaluadas y registradas en una parcela de observación, la tasa de emergencia de la hoja por un período de diez días se determina por la suma de la diferencia entre los registros de dos evaluaciones consecutivas dividido por el número de días entre las evaluaciones. Si se observan veinte plantas, la suma de la diferencia entre los registros de dos evaluaciones consecutivas se divide por el número de días entre las evaluaciones multiplicado por dos.

2.2.1 Evaluaciones de desarrollo de sigatoka negra.

Tal como lo indica Pérez (2012) Se debe obtener una serie de evaluaciones semanales para proporcionar información.

- ***Estado evolutivo (EE);*** es el parámetro principal de la evaluación y puede detectar cambios semanales en el desarrollo de la enfermedad. Se diseñó para la detección precoz de nuevos ataques de la Sigatoka en un sistema de alerta y se adaptó a la enfermedad teniendo en cuenta la densidad de los síntomas y la coalescencia de las manchas que conduce al desarrollo necrótico. El EE es también un indicador de la eficacia del control químico en las hojas de banano más jóvenes y refleja las condiciones climáticas y la intensidad de la infección. Debido a que la producción de ascosporas comienza en tejidos necróticos, los ataques tienen que ser detenidos en las primeras etapas del desarrollo de los síntomas antes de la necrosis. Los tratamientos deben decidirse sobre la base de la intensidad de la curva de estado evolutivo.
- ***Hoja Libre de estría (HLE)***; ésta es la posición de la hoja más joven que presenta síntomas de sigatoka y refleja el período de incubación, que depende de las

condiciones climáticas y el control de fungicidas. HLE se anotó junto con EE si los síntomas no aparecen en la cuarta hoja más joven, entonces las hojas más viejas deben examinarse.

- ***Hoja libre de quema (HLQ);*** Debe determinarse según el método de Stover (Stover, 1971). Esta es la hoja más joven con 10 lesiones necróticas (estadio cuatro o más avanzado). Si ninguna de las hojas tiene lesiones, entonces la HLQ arbitrario es N + 1; N = número total de hojas de planta de banano. Todas las plantas deben ser homogéneas. El parámetro es útil para entender la eficacia del control. Si HLQ Disminuye, entonces el control falla porque la formación necrótica es más rápida que Hojas y viceversa. La frecuencia de las plantas con manchas en las hojas (% YLS <8), nunca debe ser superior al 20%.
- ***El número de hojas funcionales en la cosecha (NLH);*** Este es un estimador final de la eficacia de la estrategia de control y un indicador de comercialización de las frutas. Una hoja funcional debe tener menos del 30% de superficie necrótica. Las empresas bananeras utilizan un umbral empírico de NLH (3-5) para decidir qué racimos son exportables o no. NLH debe ser considerado como un indicador de la eficiencia de la estrategia química en la etapa de cosecha.

2.3 CONTROL QUÍMICO.

Actualmente, el control químico de la Sigatoka amarilla se logra utilizando programas de pulverización que consisten en fungicidas protectores como el mancozeb, y clorotalonil y el pirimetanil y los fungicidas sistémicos propiconazol, tebuconazol, epoxiconazol y difenoconazol. También se recomienda utilizar un aceite de aerosol derivado del petróleo con todos estos productos químicos, excepto el clortalonil, que es incompatible con el aceite parafínico, se ha demostrado que el aceite retrasa la infección y el desarrollo de hongos iniciales y mejora el rendimiento de los fungicidas. Sin embargo, formulaciones de aceite mineral con residuos no sulfonados de menos al 92% son conocidos a fotodegradación para formar productos fitotóxicos y se ha planteado la preocupación de que la acumulación de aceite puede causar fitotoxicidad y posterior reducción en el rendimiento de frutos a pesar de que la posibilidad de fotodegradación se ha reducido significativamente con los aceites altamente refinados actuales (Samuelian, 2014).

2.3.1 Principales familias de ingredientes activos de fungicidas sistémicos utilizadas en producción de plátanos (FRAC, 2007).

La clasificación de los fungicidas basada en el modo de acción según lo determinado por el Comité de Acción de Resistencia Fungicida (FRAC, 2007).

2.3.1.1 Inhibidores de la biosíntesis de esteroles (SBI).

Entre los fungicidas sistémicos, los inhibidores de la biosíntesis de ergosterol tienen una importancia especial por diferentes razones. Estos no se clasifican según una estructura común sino por su mecanismo de acción. En este grupo se incluyen un gran número de compuestos diversos que interfieren con la biosíntesis de esteroles (Köller, 1999). No todos los compuestos están implicados en el control de hongos fitopatógenos. Aunque ergosterol es el esterol principal de la mayoría de los hongos, hay muchas excepciones, ya que varios hongos de moho polvoriento y hongos de herrumbre no contienen ergosterol. Esto significa que el término "inhibidores de la biosíntesis de esteroles" tiene una connotación más amplia y son miembros de un grupo que incluye esteroles, giberelinas, carotenoides, etc (Lúcar, 2014). Por lo tanto, el término "inhibidor de biosíntesis de esterol" (SBI) es más apropiado que "inhibidor de la biosíntesis de ergosterol" (EBI).

2.3.1.1.1 SBI de tipo I o DMI (C14-desmetilasa inhibidores, FRAC Código G1);

Este grupo incluye grupos quımicos de triazol, pirimidina, piperazina, piridina e imidazol. Los fungicidas DMI más comunes utilizados en el banano pertenecen a grupos químicos de triazol e imidazol.

Entre los DMI, el triazol (Figura 14) ha mostrado el mejor nivel de eficacia contra la enfermedad de Sigatoka amarilla y negra, a causa de la inhibición del crecimiento del tubo germinal de esporas de M. fijiensis y la producción de cuerpos de fructificación (Pérez y Mauri, 1985). En este grupo hay productos que difieren en grado de movimiento translaminar y sistémico y eficacia en diferentes grupos taxonómicos de hongos. El fungicida más utilizado del grupo para el manejo de BSD ha sido (Figura 5), propiconazol, tebuconazol, triadimenol, hexaconazol, fluzilazol, difenoconazol a razón de 100 g a.i./ha; Ciproconazol y

epoxiconazol a velocidades de 80 g de a.i. /decir ah. El triazol más ampliamente estudiado y utilizado en el banano ha sido el propiconazol.

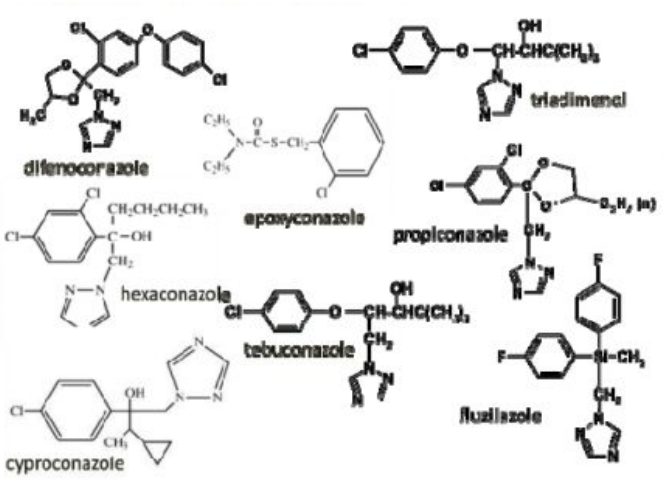


Figura 5. Los fungicidas triazoles más comunes utilizados en el manejo de manchas foliares de Sigatoka (Pérez, 2013).

2.3.1.1.2 SBI del Grupo II (Inhibidores de 8 - 7 isomerasa / 14 - 15 reductasa. Frac Código G5 "aminas")

Morfolina: Tridemorph, fenpropimorfo (Figura 6) son ingredientes activos desarrollados para el control de oídio en los cereales. Las primeras investigaciones sobre propiedades sistémicas de derivados de morfolina se llevaron a cabo con tridemorf. Los experimentos de tratamiento de suelos con plantas de cebada tomaron rápidamente tridemorfo por las raíces y lo transportaron acropetalmente en la corriente de transpiración en hojas y 48 horas después del equilibrio del tratamiento se había establecido entre una solución nutritiva con 50 ppm de triadimenol y extractos de hojas de plantas.

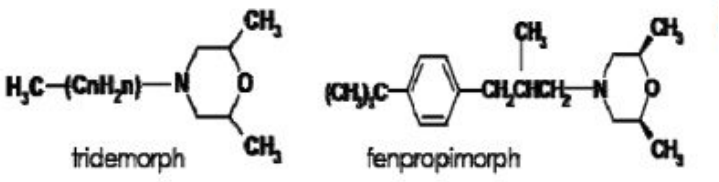


Figura 6. Fungicidas de Morfolina utilizados en el control de manchas foliares de Sigatoka.

Spiroketalaminas, La única molécula de este grupo es la espiroxamina (Figura 7) que contiene cuatro enantiómeros, que contribuyen en diferentes grados a la actividad biológica completa contra hongos (Bayer, 2012).

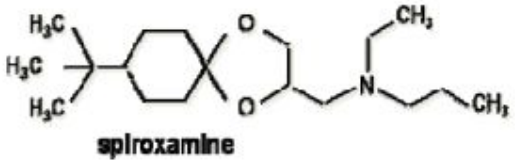


Figura 7.Estructura molecular de la spiroxamine.

Las morfolinas se utilizan en el intervalo de 450 g a.i. / Ha en 10-12 litros de aceite mineral / ha. Tridemorph han demostrado el problema de fitotoxicidad en forma de moteado de la fruta.En la práctica, los fungicidas sistémicos a los que se esperan respuestas en hojas, deberían tener valores log P en el rango de 0,5 y 3,0. Los compuestos más lipófilos (log P entre 3 y 5) actúan más favorablemente en las raíces, ya que permanecen confinados sobre ellos. En términos generales, los compuestos hidrofílicos se transfieren a través del suelo y son fácilmente absorbidos por la raíz, mientras que los lipófilos tienen un movimiento retardado en el suelo y un largo proceso de absorción por la raíz (Pérez V. , 2012).

Active ingredient	Log P
benomyl	1.4
methyl thiophanate	1.5
spiroketalamine[1]	2.8
pyrimethanil [1]	2.8
azoxystrobin	2.5
cyproconazole	2.9
triadimenol	3.3
epoxiconazole	3.4
tebuconazole	3.7
propiconazole	3.7
flusilazole	3.7
hexaconazole	3.9
bitertanol	4.1
difenoconazole	4.3
trifloxystrobin	4.5

MOVABLE

Figura 8. Coeficiente de octanol: agua (LogP) de diferentes fungicidas en relación con su movilidad en la planta.

2.4 PRODUCTO APLICADO.

Fungicida Paladium.

Tipo de producto: Fungicida de uso Agrícola

Formulación: Concentrado Emulsionable (EC)

Ingrediente activo: Difenoconazole

Concentración: 250 gramos por litro

Categoría Toxicológica: III

Cultivo: Banano

Target: Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis)

Presentación: 4 Litros, 20 Litros y 60 Litros.

Grupo químico: Triazoles. (DMI).

2.4.1 Modo de acción.

El difenoconazole tiene acción sistémica, y por ende curativa, del hongo de la Sigatoka.

2.4.2 Mecanismo de acción.

Inhibición de la biosíntesis del ergosterol, el cual es un componente esencial de la membrana celular de los hongos susceptibles. El difenoconazole del Paladium 250 EC inhibe la enzima demetilasa de lanosterol en la ruta para la biosíntesis del ergosterol, lo cual resulta en la no formación del ergosterol. La ausencia de ergosterol en el patógeno susceptible difenoconazole impide la formación del haustorio, el peritecio y la liberación de las ascosporas. Según el FRAC, difenoconazole pertenece al Grupo G1, Clase 1: Inhibidores de la Demetilación (DMI's) en la Biosíntesis del Ergosterol en las Membranas.

2.4.3 Generalidades.

Fungicida sistémico del grupo de los triazoles, con efecto preventivo y curativo para el control de sigatoka negra y amarilla del banano. Se recomienda el uso de Paladium 250 EC en la dosis y periodos indicados, utilizando un equipo calibrado en buen estado, agua ligeramente ácida (pH 6.0) y blanda en dureza, así como una óptima cobertura del área foliar, ya que esto maximiza que la dosis del producto llegue a todas las zonas donde se requiera, controlando el avance de la enfermedad. Conforme a lo reportado por el FRAC 2014, el desempeño de programas de control de sigatoka incluyendo triazoles fue bueno, manteniendo su eficacia acorde a lo esperado, con variaciones de sensibilidad del hongo al activo bajas a moderadas en Ecuador y Colombia, y altas en Costa Rica y Guatemala.

2.4.4 Época y frecuencia de aplicación.

Paladium es un fungicida sistémico, realizar la aplicación cuando se observe los síntomas de infección en el cultivo. Aplicar dirigido al follaje, se puede realizar intervalos de ciclo de 10 - 14 días después del tratamiento con el fungicida. Según la época y la presión de la enfermedad, considerando las recomendaciones de la FRAC, aplicar de 8 ciclos al año.

2.4.5 Suspensión.

1. Vierta la cantidad de aceite agrícola necesario (3,5 a 4,0 gls) en el tanque de reparación y ponga a funcionar el agitador.
2. Agregue la dosis recomendada de Paladium y agite de 10 a 15 minutos.

2.4.6 Emulsión.

1. Vierta la cantidad de aceite agrícola necesario (2.5 a 3.0 gls) en el tanque de reparación y ponga a funcionar el agitador.
2. Agregue emulsificante en proporción del 1%, en relación a la cantidad de aceite. Agite durante 5 minutos.
3. Añada la dosis recomendada de Paladium, agite durante 5 minutos.
4. Complete con agua hasta obtener.
5. galones de mezcla en aplicaciones aéreas.

2.4.7 DOSIS.

Tabla 1. Dosis del fungicida Paladium para el control de Sigatoka negra Morelet.

CULTIVO	AGALP	DOSIS
Banano (Musa acuminata AAA)	Sigatoka negra (Mycosphaerellafijiensis)	0.4 l/ha

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES.

3.1.1 Ubicación del ensayo.

El presente trabajo de investigación se realizó en la granja Santa Inés en el área experimental de banano de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5,5 vía al Cambio, perteneciente a la parroquia El Cambio, provincia de El Oro Ecuador.

Figura 9. Ubicación geográfica del sitio de investigación.

3.1.2 Ubicación geográfica

Geográficamente, el sitio de estudio se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas:

Coordenadas	:	UTM (Universal Transverse Mercator)
Datum	:	WGS 84 (World Geodetic System 1984)
Zona	:	17 S
Coordenada, Este	:	620481mE
Coordenada, Norte	:	9636136 mS
Altitud	:	6 msnm

3.1.3 Clima y ecología

De acuerdo a las zonas de vida natural de Holdridge y el mapa ecológico del Ecuador, el sitio de ensayo corresponde a un bosque muy seco – Tropical (bms – T), con una precipitación media anual de 500 mm, una temperatura media anual de 25º C y heliofanía de 2 a 3 horas diarias.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Es una parcela de investigación experimental con prueba de hoja simple, se aplicó los tratamientos a diferentes plantas del mismo bloque y las repeticiones con distintos bloques, resultando como diseño de bloques al azar.

3.3MATERIALES UTILIZADOS.

3.3.1 Materiales de campo.

- Bomba
- Agua
- Emulsificante
- Overol
- Guantes
- Mascarilla

3.3.2 Materiales de oficina.

- Impresora
- Lápiz
- Tableros
- Calculadora
- Computadora

3.4TRATAMIENTOS.

Se ejecutó 6 tratamientos con tres repeticiones y se aplicó un producto químico (agua + Paladium) considerando a la misma vez el testigo que son identificados en la tabla.

Tabla 2.tratamientos usados en la investigación.

Tratamiento	Producto	Hora
T1	PALADIUM	7:00
T2	PALADIUM	9:00
T3	PALADIUM	11:00
T4	PALADIUM	13:00
T5	PALADIUM	15:00
T6	PALADIUM	17:00

3.5 VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

1. Porcentaje de infección en hoja 1 para las pizcas de segundo estadío a los 7 ,14 y 21 días de aplicación.
2. Porcentaje de infección en hoja 1 para las pizcas de tercer estadío a los 7 ,14 y 21 días de aplicación.
3. Porcentaje de infección en hoja 2 para las pizcas de segundo estadío a los 7 ,14 y 21 días de aplicación.
4. Porcentaje de infección en hoja 2 para las pizcas de tercer estadío a los 7 ,14 y 21 días de aplicación.
5. Análisis de regresión del porcentaje de infección con la temperatura y el horario de aplicación.

Tabla 3. Variables para el análisis de varianza.

Estadíos	Hoja	Evaluación
II III	1	7 dda
II III	2	
II III	1	14 dda
II III	2	
II III	1	21 dda
II III	2	

3.7 MEDICIÓN DE LA VARIABLE.

3.7.1 Tipo de variable cuantitativa porcentaje de infección en la hoja 1 y 2.

Los porcentajes de infección se lo realizó de acuerdo al avance de la enfermedad desde contabilizando el número de pizcas de acuerdo a los estadíos 2 y 3 expuesto en la tabla.

Tabla 4. Metodología para el análisis de pizcas por el método de Stover modificada por Gauhl.

Grado	Nivel de infección
0	Sin daño
1	Hasta 10% manchas por hojas
2	Menos del 5% del área foliar enferma.
3	De 6 a 15% del área foliar enferma
4	De 16 a 33% del área foliar enferma
5	De 34 a 50% del área foliar enferma
6	Más del 50% del área foliar enferma

3.8DISEÑO EXPERIMENTAL.

3.4.1 DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR.

En muchos problemas de investigación es necesario diseñar experimentos en los que pueda controlarse sistemáticamente la variabilidad producida por diferentes fuentes extrañas.

Se desea que el error experimental sea lo más pequeño posible; en otras palabras, se busca sustraer del error experimental la variabilidad producida por las probetas. Un diseño que logre esto requiere que se pruebe cada punta, una vez, en cada una de las cuatro probetas diferentes. Este diseño se conoce como diseño aleatorio por bloques completos.

3.4.2 Objetivo y característica del diseño.

Mantener la variabilidad entre unidades experimentales dentro de un bloque tan pequeño como sea posible y maximizar las diferencias entre bloques. Si no hay diferencia entre los bloques, este diseño no contribuirá a la precisión para detectar las diferencias de tratamientos. Cada tratamiento es asignado el mismo número de veces a unidades experimentales dentro de un bloque, usualmente una vez (de veces más). Por regla general, es más eficiente tener una sola repetición de cada tratamiento por bloque. A fin de minimizar el error experimental,

deben tomarse todas las precauciones para tratar las unidades experimentales dentro de un bloque lo más uniformemente posible. Los bloques pueden estar constituidos por áreas compactas de un campo, grupos de animales que pueden manipularse de un modo uniforme, o diferentes tiempos de aplicación de tratamientos a unidades experimentales.

3.4.3 Arreglo en unidades divididas.

Supongamos que el factor A es la especie o variante A, donde i = 1.....a (hoja), y el factor B es la densidad poblacional o variante B, donde j = 1... b (tratamientos), y el número de repetición sea igual a k = 1... n, entonces el arreglo general será como indica la Tabla 2, también se utilizó un ANOVA no paramétrico (Tukey 95%).

Tabla 5. Arreglo de unidades experimentales en bloques al azar.

		Bloques		
Especie	**Densidad**	**I**	**II**	**X_{ij}**
A_1	b_1 b_2	X_{111} X_{121}	X_{112} X_{122}	$X_{11.}$ $X_{12.}$
	$X_{i.k}$	$X_{1.1}$	$X_{1.2}$	$X_{1..}$
A_2	b_1 b_2	X_{211} X_{221}	X_{212} X_{222}	$X_{21.}$ $X_{22.}$
	$X_{i.k}$	$X_{2.1}$	$X_{2.2}$	$X_{2..}$
Σ/bloque	$X_{..k}$	$X_{..1}$	$X_{..2}$	$X_{...}$

3.4.3.1 Cálculo de grados de libertad:

Tabla 6.Cálculo de grados de libertad

Fuentes de variación	G.L.
Bloques	n – 1
Factor (A)	a – 1
Error A	(a - 1)(n - 1)
Unidad grande	an – 1
Factor (B)	b – 1
Int. A x B	(a - 1)(b - 1)
Error B	a(b - 1)(n - 1)
Total	abn – 1

3.4.4 Modelo matemático.

Para estimar la incidencia de las dosis de paladium, se empleó el siguiente modelo matemático:

$$Yij = U + Ti + bj + Eij$$

$$i = 1,2,3\ldots\ldots T$$

$$j = 1,2,3\ldots\ldots b$$

Yij = Representa la unidad experimental

U = Promedio general del ensayo

Ti = Efecto de los tratamientos

bj = Efecto de los bloques

Eij = Error experimental

3.4.2 Hipótesis.

Hipótesis nula (Ho): Los tratamientos evaluados no tendrán efecto sobre las pizcas, por lo tanto, no hay diferencia entre sí, y se cumple:

$$Ho = \mu 1 = \mu 2 = \mu 3 = \ldots\ldots\ldots \mu 20$$

Hipótesis alternativa (Ha): Los tratamientos tendrán algún efecto sobre las pizcas, y por lo menos existe diferencia y se cumple la ecuación:

$$Ha \neq \mu 1 \neq \ldots\ldots\ldots \mu 20$$

Se rechaza o acepta la Ho en base a las siguientes igualdades:

- Si Valor-P (valor de probabilidad es menor a 0.05, se detecta un resultado significativo al 5%.
- Si Valor-P (valor de probabilidad es mayor o igual a 0.05, se declara el resultado no significativo.

3.4.3 Análisis de varianza.

Para la determinación del ANOVA se la utilizará al 95 % de confiabilidad, por Tukey.

Tabla 7.Análisis de varianza para la determinación del efecto de los tratamientos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Varianza	Test F	$p-$v.
Factor(α)	SCE(α)	I-1	$\hat{S}^2_\alpha = \frac{\text{SCE}(\alpha)}{\text{I-1}}$	$F_\alpha = \frac{\hat{S}^2_\alpha}{\hat{S}^2_R}$	¿?
Factor(β)	SCE(β)	J-1	$\hat{S}^2_\beta = \frac{\text{SCE}(\beta)}{\text{J-1}}$	$F_\beta = \frac{\hat{S}^2_\beta}{\hat{S}^2_R}$	¿?
Residual	SCR	(I-1)(J-1)	$\hat{S}^2_R = \frac{\text{SCR}}{\text{(I-1)(J-1)}}$		
Total	SCT	IJ-1			

FV = Fuentes de variación

SC = Suma de cuadrado

GL = Grados de libertad

SM = Cuadrados medios

Fc= Fisher calculado.

p = probabilidad

3.4.4 Análisis de regresión.

En el análisis de regresión se lo utilizará para establecer la correlación existente entre los porcentajes de infección con la influencia de la temperatura y las horas en que fue aplicado el producto.

Tabla 8. Correlación de Pearson, Martínez (2009).

1) Perfecta	= 1	
2) Excelente	= 0.9 < =	< 1
3) Buena	= 0.8 < =	< 0.9
4) Regular	= 0.5 < =	< 0.8
5) Mala	< 0.5	

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS EN HOJA 1, A LOS 21 DÍAS DE APLICACIÓN EN SEGUNDO ESTADIO.

La tabla 9 del ANOVA descompone la variabilidad del % de infección en contribuciones debidas a varios factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que ningún valor-P es menor que 0.05, ninguno de los factores ó interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre % de infección con un 95.0% de nivel de confianza por medio de tukey, en el que se puede deducir en la interacción de la aplicación de los tratamientos es igual en la posición de la hoja justificando lo que enuncia Pérez (2012) en el que detalla que el difenoconazole por su bajo valor en el LogP (figura 8) tiene baja movilidad en la hoja ya que su valor es mayor a LogP de 3.

Tabla 9.Análisis de varianza de tukey al 95% de confiabilidad en pizcas de segundo estadío

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Posicion de la hoja	0.000	1	0.000	0.000	1.000
B:Tratamiento	0.667	5	0.133	0.480	0.788
INTERACCIONES					
AB	0.667	5	0.133	0.480	0.788
RESIDUOS	6.667	24	0.278		
TOTAL (CORREGIDO)	8.000	35			

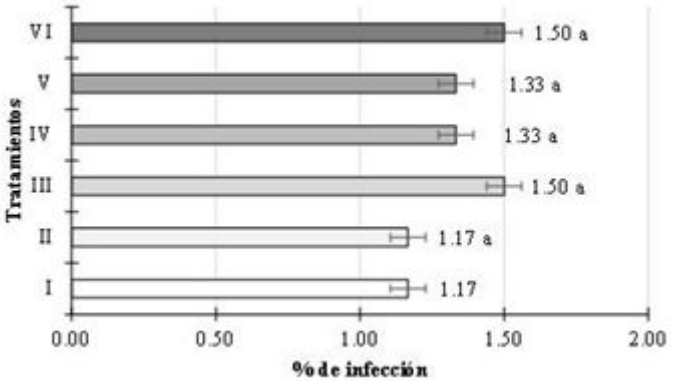


Figura 10. Niveles de significancia de las aplicaciones de Paladium, en segundo estadio, hoja 1 a los 21 días.

La figura 10 indica que no existe diferencia estadística entre los tratamientos aplicados al poseer todos un mismo nivel de significancia (letra a) que se justifica en la tabla 9 por medio de su valor de p en el cual es mayor al 5 % (P<0.05). Por otra parte en la descripción de los

datos se puede apreciar que los tratamientos VI y IV presentaron el mayor porcentaje de infección en la hoja 1 el cual los tratamientos I y II (1.17 %) obtuvieron porcentajes inferiores en el cual se puede apreciar la eficacia de aplicar el producto en horas tempranas (07:00 TI y 09:00 TII am) mientras no hay incrementos de la temperatura.

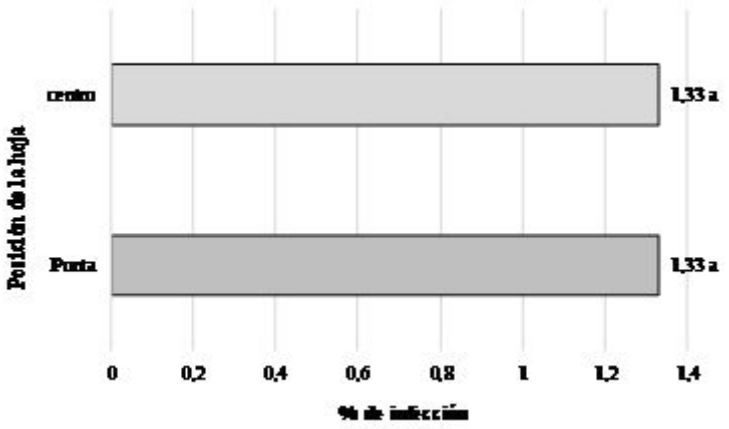


Figura 11. Niveles de significancia en la posición de la hoja 1 en segundo estadio, hoja a los 21 días.

La **figura 11** nos indica que existe el mismo nivel de significancia en la posición de la hoja, en el centro como en la punta estableciéndose mismo nivel de significancia (a), en ámbitos descriptivos presenta el mismo porcentaje en ambas posiciones de la hoja.

4.2 ANÁLISIS EN HOJA 1, A LOS 21 DÍAS DE APLICACIÓN EN TERCER ESTADIO.

La tabla 10 de ANOVA descompone la variabilidad del % de infección en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que los valores de P son mayores que 0.05, los factores no tienen efecto estadísticamente significativo sobre % de infección con un 95.0% de nivel de confianza por tukey, en los cuales los efectos principales que son los factores no inciden directamente en el porcentaje de infección, de los cuales no existe interacción estadística significativa.

Tabla 10. Análisis de varianza de tukey al 95% de confiabilidad en pizcas de tercer estadío.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					

A:Posición de la hoja	0.0277778	1.000	0.0277778	0.12	0.7268
B:Tratamiento	2.91667	5.000	0.583333	2.62	0.052
INTERACCIONES					
AB	0.472222	5.000	0.0944444	0.43	0.8267
RESIDUOS	5.33333	24.000	0.222222		
TOTAL (CORREGIDO)	8.75	35.000			

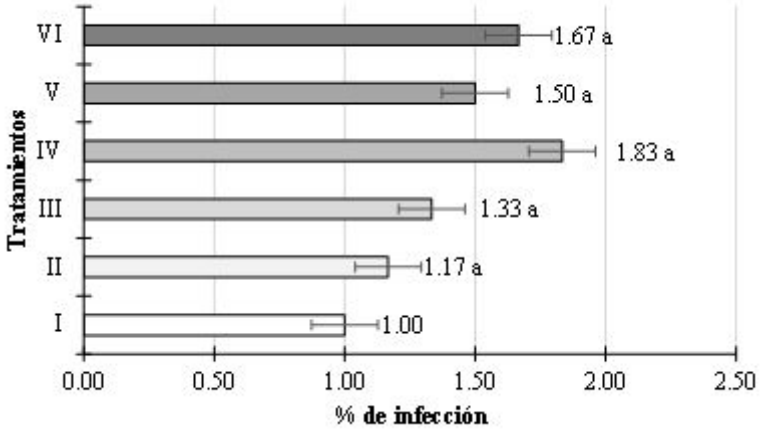


Figura 12. Niveles de significancia de las aplicaciones de paladium en tercer estadio, hoja 1 a los 21 días.

La **figura 12** nos indica que el tratamiento IV (08:30 am) obtuvo el mayor porcentaje de infección (1.83%) seguido del tratamiento Vl(09:30 am) (1.67%) en el que sus porcentajes de infección están por encima de los otros, mientras que los tratamientos I (1%) y II (1.17%) presentaron bajo porcentajes de infección en las pizcas de tercer estadío, a pesar de que todos los tratamientos son iguales justificando el valor de p (0.052) mayor al 0.05 expresado en la tabla 10, se puede afirmar que a partir de las 8 y 30 am hay un ligero incremento de la infección, pero que no es significativo.

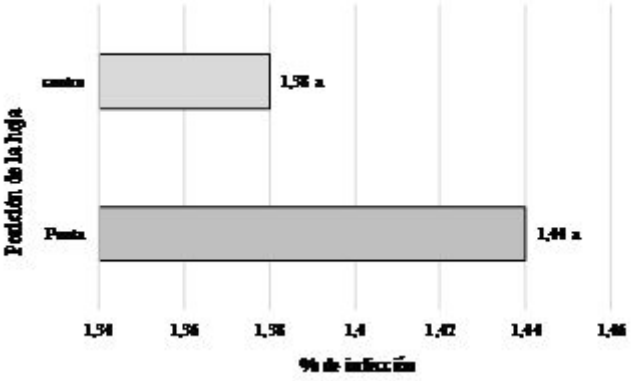


Figura 13. Niveles de significancia en la posición de la hoja en tercer estadio, hoja 1a los 21 días.

Tal como lo expresa en la tabla 10, no existe diferencia estadística, por lo tanto, la figura 13 nos indica que ambas posiciones en la hoja son iguales al poseer la misma significancia, pero descriptivamente se puede evidenciar que existe mayor incidencia en el centro de la hoja 1.

4.3 ANÁLISIS EN HOJA 2, A LOS 21 DÍAS DE APLICACIÓN EN SEGUNDO ESTADIO.

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de % de infección en contribuciones debidas a varios factores. Los valores P en los factores son menores que 0.05, ninguno tiene un efecto estadísticamente significativo sobre % de infección con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 11. Análisis de varianza de tukeyal 95% de confiabilidad en segundo estadío.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Posicion de la hoja	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000
B:Tratamiento	0.667	5.000	0.133	0.480	0.788
INTERACCIONES					
AB	0.667	5.000	0.133	0.480	0.788
RESIDUOS	6.667	24.000	0.278		
TOTAL (CORREGIDO)	8.000	35.000			

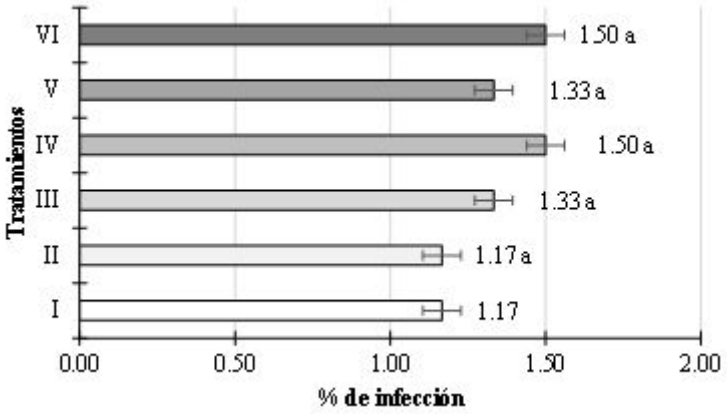


Figura 14. Niveles de significancia de las aplicaciones de Paladium en segundo estadio, hoja 2 a los 21 días.

La **figura 14** nos indica que los niveles de significancia en los tratamientos son todos iguales, en cuanto a la descripción su mayor porcentaje de infección se identifica en los tratamientos T4 y T5 con valores de 1.5 % mientras que en los tratamientos I y II poseen el mismo porcentaje de infección de 1.17 % aplicados en un rango de 07:00 a 09:00 am.

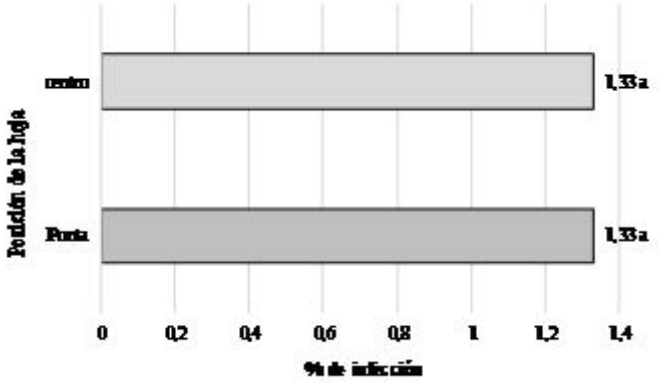


Figura 15. Niveles de significancia en la posición de la hoja en segundo estadio, hoja 2 a los 21 días.

La figura 15 señala que el efecto de los tratamientos es igual en el centro y en la punta de la hoja 2 justificando su nivel de significancia al compartir la misma letra.

4.4 ANÁLISIS EN HOJA 2, A LOS 21 DÍAS DE APLICACIÓN EN TERCER ESTADIO.

La tabla 12 del análisis de varianza descompone la variabilidad de Pizcas en contribuciones debidas a varios factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que ningún valor-P es menor que 0.05, ninguno de los factores o

interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Pizcas con un 95.0% de nivel de confianza. Por otra parte no existe significancia en la interacción de los factores A (Posición de la hoja) x B (tratamientos) en el cual se puede concluir que no hay diferencia en la aplicación de los tratamientos en la posición de la hoja.

Tabla 12. Análisis multifactorial de tukey al 95% de confiabilidad, hoja 2 tercer estadio.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Posición de la hoja	0.028	1.000	0.028	0.080	0.775
B:Tratamiento	2.250	5.000	0.450	1.350	0.278
INTERACCIONES					
AB	0.472	5.000	0.094	0.280	0.918
RESIDUOS	8.000	24.000	0.333		
TOTAL (CORREGIDO)	10.750	35.000			

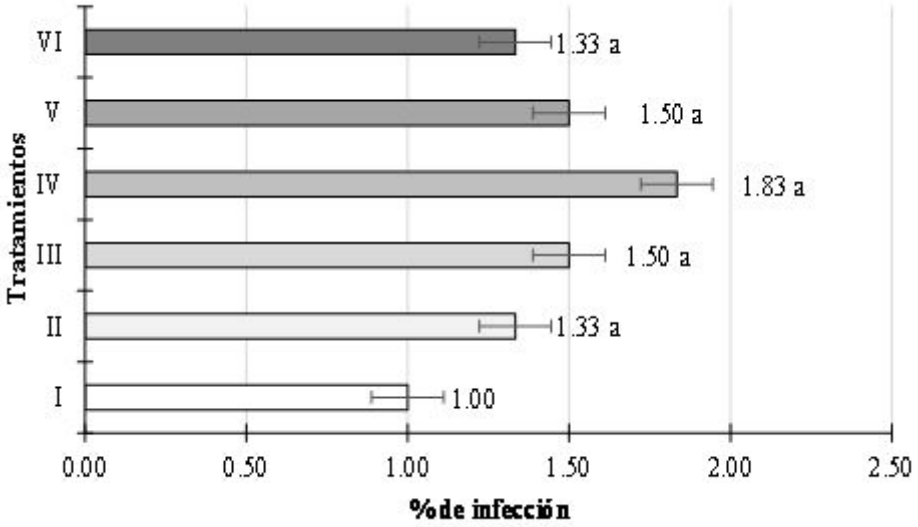


Figura 16.Niveles de significancia de las aplicaciones de paladium en tercer estadio, hoja 2 a los 21 días.

La figura 16 nos indica que el tratamiento IV obtiene un mayor porcentaje de infección con valor de 1.83% seguido del tratamiento V con porcentaje de 1.5, de acuerdo a la tabla 12 del

análisis de varianza indica que todos los tratamientos son iguales, pero a pesar de ello en su descripción el tratamiento I obtiene el valor más bajo del porcentaje de infección en el tercer estadio.

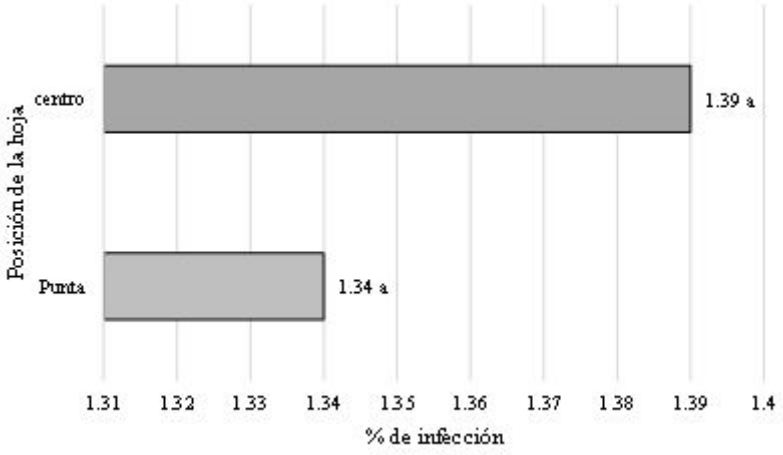


Figura 17. Niveles de significancia en la posición de la hoja en tercer estadío, hoja 2 a los 21 días.

La figura 17 detalla que la aplicación de los tratamiento obtuvo mayor incidencia en la punta de la hoja 2 con un valor de 1.34% por debajo del centro que posee un valor de 1.39%, el cual el análisis de varianza (tabla 12) indica que no existe diferencia estadística.

4.5 ANÁLISIS DE REGRESIÓN.

Se puede observar en la tabla que el anova el valor de p de significativo indicando que la correlación tiene un valor de R^2 =0.689; R=0.83 que según Pearson (tabla 8) es buena correlación tal como lo describe la **figura 18.**

Tabla 13. Análisis de varianza para regresión entre las horas con él % de infección.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	0.765462857	0.765462857	48.851704	0.0000005
Residuos	22	0.344720476	0.015669113		
Total	23	1.110183333			

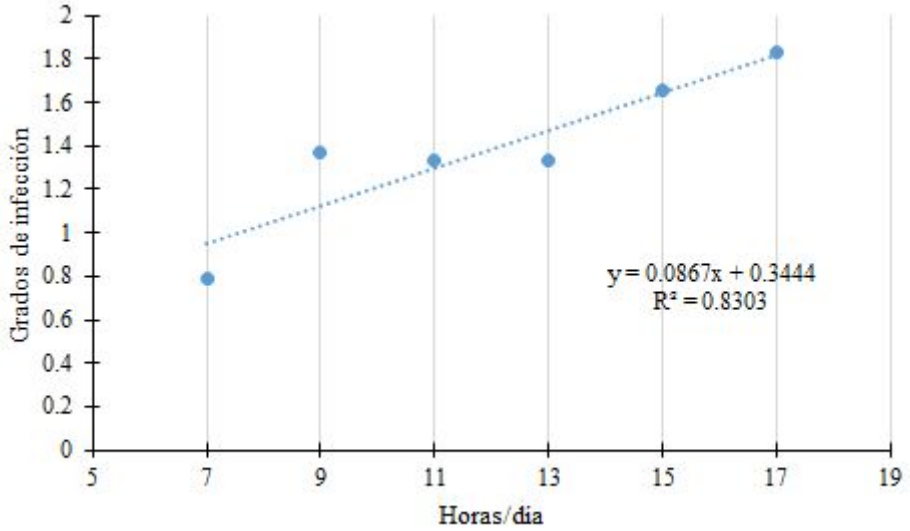


Figura 18. Análisis de regresión entre las horas con él % de infección.

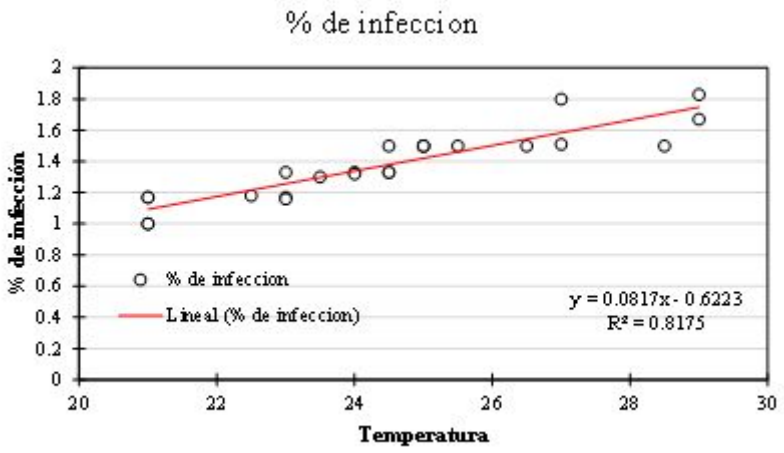
Tal como lo indica la figura 18, la tendencia de la regresión es positiva ya que la pendiente de la curva del porcentaje de infección tiende a subir con el horario hasta las 10 am establecido en este estudio.

Se puede observar en la tabla 13 que el anova el valor de p de significativo indicando que la correlación tiene un valor de R^2 =0.817; R=0.904 que según Pearson (tabla 8) es una excelente correlación tal como lo describe la **figura 19.**

Tabla 14. Análisis de varianza entre el % de infección y la temperatura.

	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	0.907588971	0.907588971	98.5563323	0.000000001
Residuos	22	0.202594363	0.009208835		
Total	23	1.110183333			

Figura 19.Análisis de regresión entre la temperatura con él % de infección.



La correlación expresada en la figura 18 tiene una pendiente más fuerte con un R=0.904 mayor al análisis de regresión de las horas del día, en el cual se puede establecer coherentemente que el porcentaje de infección se incrementa con el incremento de la temperatura.

V. CONCLUSIONES

No se analizó los datos de los 7 y 14 días (anexo 2) de aplicación de los tratamientos al determinarse porcentajes de infección 0 considerando que los tubos germinativos del hongo empiezan a crecer a partir de los 14 días en adelante dependiendo de las condiciones edafoclimáticas.

No existe ningún efecto significativo entre los tratamientos aplicados sobre las hojas 1 y 2, pero se evidencia que en un análisis descriptivo de los datos los tratamientos I (07:00) y II (07:30) obtuvieron bajos porcentajes de infección que de acuerdo a la correlación del porcentaje de infección con la temperatura esta difiere su desarrollo y disminuye con un decrecimiento de la temperatura.

El efecto de los tratamientos en la posición de la hoja fue igual tanto en el centro como en la punta, estableciendo que el difenoconazole tiene una baja movilidad en la hoja por lo que los efectos tienden a ser iguales en la posición donde se los aplique.

En relación al análisis de regresión existe una excelente correlación del porcentaje de infección con la temperatura con un R: 0.904 mientras que con el horario de aplicación del fungicida su correlación es menor con un R: 0.830, esto da entender que la aplicación del producto depende más de la temperatura ya que en el horario de aplicación la temperatura puede variar en las horas de la mañana por el cambio climático.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario efectuar estos ensayos en época húmeda en las cuales las temperaturas elevadas incrementan el desarrollo del hongo y elevan los porcentajes de infección.

La variable del porcentaje de infección no obtuvo notoriedad ni significancia estadística por lo que se recomienda repetir el estudio con otra variable.

Es estudio se debió haber efectuado el seguimiento de emisión foliar que es un indicador fisiológico que permite observar si la planta se está desarrollando de manera regular con la incidencia de la enfermedad.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aman, M., & Rai, V. (2015). Antifungal activity of fungicides and plant extracts against yellow sigatoka disease causing Mycosphaerella musicola. *Current Research in Environmental & Applied Mycology 5* , (3): 277–284.

Barekye, a., Tongoona, j., & Derera, j. (2011). Contribution of synthetic tetraploids (AAAA) and diploids (AA) to black Sigatoka resistance and bunch weight to their triploid progenies. *ELSEVIER*, 284-289.

Bayer. (2012). Spiroketalamines.

Brun, J. (1958). Elude sur l'action des fongicides huileux dans la lutte contre la Cercosporiose Fruits . 13 (1) : 13 - 17. .

Castelan, F. (2012). Effects of Black Leaf Streak Disease and Sigatoka Disease on fruit quality and maturation process of bananas produced in the subtropical conditions of southern Brazil. *ELSEVIER*, 127-131.

Churchill, A. (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, 307–328.

Cook, D. (2013). Predicted economic impact of black Sigatoka on the Australian banana industry. *ELSEVIER*, 48-56.

Cuellar, A. Á. (2011). Evaluación de Resistencia de Genotipos de Plátano y Banano a la Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(1), pp. 5853-5865..

FAO. (2013.). Obtenido de http://faostat3.fao.org/home/index.html,

Fouré, E. (1984). Les Cercosporiose du bananier et leur traitement. Comportement des variétés. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et plantains a Mycosphaerella fijiensis Morelet et des quelques caractéristiques biologiques de la maladie des raies noires au Ga. *Fruits 39*, (6): 365 - 378. .

FRAC. (2007). Mode of Action of Fungicides. FRAC classification on mode of action.

Frison, E. E. (2004). The global Musa genomic consortium: A boost for banana improvement, in: Mohan Jain, S., Swennen, R. (Eds.), Banana improvement: Cellular, molecular biology, and induced mutations. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, USA. .

Gutiérrez, J., Mosquera, S., González, L., Mira, J., & Villegas, V. (2015). Effective control of black Sigatoka disease using a microbial fungicide based on Bacillus subtilis EA-CB0015 culture. *Biological Control*, 1-28.

Herrmanto, C., & Opina, O. (2010). Assessment of fungicide resistance of a population of Mycosphaerella Spp. On Senorita Banana variety (Sucrier group). *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 4, 85–90.

Irish, B., & Goenaga, R. (2013). Evaluation of banana hybrids for tolerance to black leaf streak (Mycosphaerella fijiensis Morelet) in Puerto Rico. *Crop Protection*, 54, 229–238.

Köller, W. (1999). Chemical approaches to managing plant pathogens. In: Ruberson, J.R. (ed) Handbook of pest management. Dekker, New York. 337–376.

Leiva, M. (2015). Components of resistance to assess Black Sigatoka response in artificially inoculated Musa genotypes. *Protección Vegetal*, 30(1), pp. 60-69.

Lúcar, J. (2014). Biogen. s.l.:s.n.

Martínez, L. (2012). Resistencia a fungicidas en poblaciones de Mycosphaerella fijiensis del sureste mexicano. . *Agrociencia.*, 46(7), pp. 707-717.

Pérez, L. (2013). MANUAL ON FUNGICIDES AND FUNGICIDE RESISTANCE MONITORING IN BANANA . *Senior Plant Pathologist, INISAV, Ministry of Agriculture, Cuba*, 3-5.

Pérez, L. I. (1985). Aparición de una raza resistente al benomyl de Mycosphaerella musicola, agente causal de la Sigatoka en el plátano. *Agrotecnia de Cuba*, (1): 79-88, .

Pérez, V. (2012). A HOLISTIC INTEGRATED MANAGEMENT APPROACH TO CONTROL BLACK SIGATOKA DISEASE OF BANANA CAUSED BY Mycosphaerella fijiensis. *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*, 1-30.

Sagratzki, P. A. (2015). Biological control of banana black Sigatoka disease with Trichoderma. *Ciência Rural,*, pp. 951-957.

Samuelian, S. (2014). Grower survey e how we manage yellow Sigatoka? Australian Bananas, Issue 41. *Autumn Winter* , 28-29.

Samuelian, S. (2016). Evaluation of chlorothalonil and paraffinic oil alone and in combinations with registered fungicides for the control of yellow Sigatoka (Mycosphaerella musicola) of bananas in Northern Queensland, Australia. *ELSEVIER*, 45-50.

Stover, R. (1980). Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. Plant Dis 64, 750- 756. .

Tumbaco, J. &. (2011). . Evaluacion del efecto de la sigatoka negra, en hojas separadas de banano, Cavendish (variedad Willians), del estracto de melaleuca alternifolia en 3 zonas del litoral Ecuatoriano.,. Guayaquil, Guayas, Ecuador.: s.n.

Young, H. (2011). Control of black Sigatoka disease: Challenges and prospects. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6(3), pp. 508-514.

VIII. APÉNDICE

Apéndice 1. Datos tomados a los 14 días después de la aplicación.

	Hoja 1				Hoja 2		
	Punta		**Centro**		**Punta**	**Centro**	
Tratamiento	**II**	**III**	**II**	**III**	**II**	**II**	**III**
R1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0

	Punta		**Centro**		**Punta**	**Centro**	
Tratamiento	**II**	**III**	**II**	**III**	**II**	**II**	**III**
R1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0

	Punta		**Centro**		**Punta**	**Centro**	
Tratamiento	**II**	**III**	**II**	**III**	**II**	**II**	**III**
R1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0

Tratamiento	Punta		Centro		Punta	Centro	
	II	III	II	III	II	II	III
R1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0

Tratamiento	Punta		Centro		Punta	Centro	
	II	III	II	III	II	II	III
R1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0

Tratamiento	Punta		Centro		Punta	Centro	
	II	III	II	III	II	II	III
R1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 2. Datos tomados a los 21 días después de la aplicación

	Hoja 1				Hoja 2				
Tratamiento 1	**Punta**		**Centro**		**Punta**		**Centro**		**Promedio**
	II	**III**	**II**	**III**	**II**	**III**	**II**	**III**	
R1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R2	1	1	2	1	1	1	2	1	1,25
R3	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tratamiento 2	**Punta**		**Centro**		**Punta**		**Centro**		**Promedio**
	II	**III**	**II**	**III**	**II**	**III**	**II**	**III**	
R1	1	2	1	1	1	2	1	1	1,25
R2	1	1	2	1	2	1	1	2	1,375
R3	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tratamiento 3	**Punta**		**Centro**		**Punta**		**Centro**		**Promedio**
	II	**III**	**II**	**III**	**II**	**III**	**II**	**III**	
R1	2	1	1	1	1	1	1	1	1,125
R2	1	1	2	1	2	2	2	2	1,625
R3	2	2	1	2	1	2	1	1	1,5

Tratamiento 4	Punta		Centro		Punta		Centro		Promedio
	II	III	II	III	II	III	II	III	
R1	1	2	1	2	2	1	1	2	1,5
R2	1	2	1	2	1	2	2	1	1,5
R3	2	2	2	1	2	3	1	2	1,875

Tratamiento 5	Punta		Centro		Punta		Centro		Promedio
	II	III	II	III	II	III	II	III	
R1	1	1	1	2	1	1	1	2	1,25
R2	1	2	2	1	2	2	1	1	1,5
R3	2	1	1	2	1	1	2	2	1,5

Tratamiento 6	Punta		Centro		Punta		Centro		Promedio
	II	III	II	III	II	III	II	III	
R1	2	2	1	1	1	1	2	1	1,375
R2	1	1	2	2	2	2	1	2	1,625
R3	2	2	1	2	1	1	2	1	1,5

IX ANEXOS

ANEXO 3. Siembra de meristemo de variedad Willian

ANEXO 4. Limpieza del meristemo willian

ANEXO 5. Aplicación del producto Paladium a una altura de 1.0mts

ANEXO 6. Estado del meristemo a los 60 días.