



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROYECTO DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

SUSCEPTIBILIDAD DE PLANTAS DE BANANO cv. Williams  
TRATADAS CON ETILMETANOSULFANATO (EMS) A  
SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) EN  
CONDICIONES DE CAMPO

**MODELO:** Investigación Agronómica

**AUTOR:**

Christian Alejandro Durán Mera

**DIRECTOR:**

Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas, MSc.

**Guayaquil - Ecuador**

**2016**



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

El presente trabajo de titulación denominado “**SUSCEPTIBILIDAD DE PLANTAS DE BANANO cv. Williams TRATADAS CON ETILMETANOSULFANATO (EMS) A SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) EN CONDICIONES DE CAMPO.**” realizado por el Egdo. **Christian Alejandro Durán Mera**, bajo la dirección de la Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas, MSc. ha sido aprobado y aceptado por el Tribunal de Sustentación como requisito parcial para obtener el título de: **INGENIERO AGRÓNOMO.**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas, MSc.  
**PRESIDENTE**

---

Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Agr. Carlos Ramírez Aguirre, MSc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de tesis me gustaría agradecerte a ti mi Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.*

*Puse en el señor toda mi esperanza; él se inclinó hacia mí y escuchó mi clamor.*

***Salmos 40:1***

*De manera muy especial a mis padres Ing. Agr. Alejandro Durán Barros por haberme sabido guiar por el camino del bien para poder alcanzar mis objetivos y a la Lcda. Lourdes Mera Valero, por darme consejos de superación para convertirme en todo un profesional.*

*A mi hermana, por haberme dado esa motivación en los momentos difíciles, ya que sin sus palabras no fuera lo que soy en estos momentos.*

*A toda mi familia y amigos, que estuvieron presentes a lo largo de mi carrera y que de una u otra manera me brindaron su ayuda y apoyo incondicional, gracias por formar parte de mi vida.*

*El logro es, ante todo, el producto de la constante elevación de nuestras aspiraciones y expectativas.*

***Jack Nicklaus***

## **AGRADECIMIENTO**

*Primero y antes que nada, darle gracias a Dios porque me dio el don de la perseverancia para poder alcanzar mi carrera universitaria con éxito y salud.*

*Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP y a la Estación Experimental Tropical Pichilingue, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación.*

*A los Ingenieros Braulio Lahuathe Mendoza, Gabriel Narváez Veloz y Ricardo Delgado Arce investigadores del Programa Nacional de Banano, Plátano y otras Musáceas, gracias por toda la colaboración y guía brindada para el desarrollo de mi trabajo de titulación.*

*A la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias y a los profesores, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional encaminado a la excelencia.*

*A mi directora de tesis Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas MSc., quien con sus conocimientos y experiencia contribuyó al desarrollo y finalización exitosa del presente trabajo de investigación.*

*Al Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc. y al Ing. Agr. Carlos Ramírez Aguirre MSc. por su valioso aporte en la corrección de este trabajo investigativo.*

*En general quisiera agradecer a todas y a cada una de las personas que estuvieron conmigo en la realización del trabajo de titulación, brindándome su apoyo, colaboración y amistad.*

## CERTIFICADO GRAMATOLÓGICO

**Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas, MSc.** Con domicilio ubicado en la ciudad de Guayaquil por medio del presente tengo a bien **CERTIFICAR:** Que he recibido la tesis de grado elaborada por el Egresado, **CHRISTIAN ALEJANDRO DURÁN MERA** con C.I. 120634668-4, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, cuyo tema es: **“SUSCEPTIBILIDAD DE PLANTAS DE BANANO cv. Williams TRATADAS CON ETILMETANOSULFANATO (EMS) A SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) EN CONDICIONES DE CAMPO”**.

La tesis de grado arriba señalada ha sido escrita de acuerdo a las normas gramaticales y de sintaxis vigentes de la lengua española, e inclusive con normas 150-690, del instituto Internacional de Cooperación Agrícola (IICA) en lo referente a la redacción técnica.



---

**Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas, MSc.**

**C.I. 1304384546**

**Nº Registro SENESCYT: 1006-05-609406**

## INFORME DE LA DIRECTORA

**Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas, MSc.** Por medio del presente tengo el bien de informarle que el Egresado, **CHRISTIAN ALEJANDRO DURÁN MERA** del **Paralelo GUAYAQUIL**. Ha concluido su trabajo de tesis de grado, sobre el tema titulado **“SUSCEPTIBILIDAD DE PLANTAS DE BANANO cv. Williams TRATADAS CON ETILMETANOSULFANATO (EMS) A SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) EN CONDICIONES DE CAMPO”**.

La misma que es realizado la comprobación en el sitio de la investigación en las visitas realizadas personalmente, la tesis de grado ha sido corregida por el suscrito, encontrándose apto para seguir los trámites legales consiguientes.

Es todo cuanto puedo informar con honor a la verdad.



---

**Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas, MSc.**  
**DIRECTORA DE TESIS**

## **RESPONSABILIDAD**

La responsabilidad de la investigación, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones sustentadas en esta tesis, pertenece exclusivamente al autor y a la Universidad de Guayaquil.



**CHRISTIAN ALEJANDRO DURÁN MERA**

**Celular:** 0967503010

**E-mail:** christ\_adm@hotmail.com

## REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:** SUSCEPTIBILIDAD DE PLANTAS DE BANANO cv. Williams TRATADAS CON ETILMETANOSULFANATO (EMS) A SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) EN CONDICIONES DE CAMPO

<b>AUTOR:</b> Christian Alejandro Durán Mera	<b>DIRECTOR</b> Ing. Agr. Leticia Vivas Vivas, MSc. <b>REVISORES:</b> Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc. Ing. Agr. Carlos Ramírez Aguirre, MSc.	
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad de Guayaquil	<b>FACULTAD:</b> Ciencias Agrarias	
<b>CARRERA:</b> Ing. Agronómica		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	<b>N. DE PAGS:</b> 67	
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Banano, Sigatoka negra		
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Variedad cv. Williams, Etilmetanosulfanato (EMS), Rendimiento.		
<p><b>RESUMEN:</b> El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, ubicada en la provincia de Los Ríos en el Km 5 vía Quevedo - El Empalme. Los objetivos específicos fueron los siguientes: a) Determinar la incidencia y severidad de Sigatoka negra en plantas de banano cv. Williams tratadas con EMS. b) Evaluar el efecto de Sigatoka negra sobre las características agronómicas de banano cv. Williams tratadas con EMS.</p> <p>El diseño empleado fue completamente al azar, debido a que cada una de las plantas procedentes del tratamiento mutagénico fueron individuos diferentes no fueron sembradas en bloques ni tenían repeticiones. Los datos fueron analizados con el programa estadístico InfoStat/E, para comparar las medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey=0,05, también para comparar grupos de plantas de iguales características se usó el Test de Scott &amp; Knott Alfa=0,05. Las variables registradas fueron las siguientes: número de hojas por planta en la etapa vegetativa, hoja más joven con mancha (HJM), severidad, altura de planta (cm), diámetro del pseudotallo (cm), número de hojas en floración, número de días a cosecha, número de días de floración a cosecha, número de hojas funcionales a la cosecha, grado del racimo, peso neto/racimo (kg), número de manos y longitud de dedo (pulg).</p> <p>De acuerdo a resultados se concluyó lo siguiente: a) El tratamiento 1%-1H alcanzó el mayor número de hojas por planta, número de hojas en floración y número de hojas funcionales a la cosecha, al igual que la hoja más joven con mancha. b) El tratamiento 0,5%-6H obtuvo la menor severidad de Sigatoka negra, al igual que el mayor peso neto/racimo (kg) y número de manos. c) El tratamiento 0,5%-3H alcanzó la menor altura de planta, al igual que el menor número de días a cosecha y el mayor número de grados del racimo. d) El tratamiento 1%-3H alcanzó la menor altura de planta y la mayor longitud de dedo (pulg). e) El tratamiento 0,5%-1H tuvo el mayor diámetro de pseudotallo y el menor número de días de floración a cosecha. f) El tratamiento 0,5%-3H obtuvo el menor número de días a cosecha y el mayor número de grados del racimo.</p>		
<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>	Teléfono:0967503010	E-mail: christ_adm@hotmail.com
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCION:</b> Ciudadela Universitaria "Dr. Salvador Allende" Av. Delta s/n y Av. Kennedy s/n.	Nombre: Abg. Isabel Zambrano Teléfono: 2288040 E-mail: www.ug.edu.ec/facultades/cinciasagrarias.aspx	

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
Portada.....	i
Tribunal de sustentación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Certificado gramatológico.....	v
Informe del director.....	vi
Responsabilidad.....	vii
Repositorio Nacional en Ciencia y Tecnología.....	viii
Índice.....	ix
Índice de cuadros.....	xii
Índice de anexos.....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivos general.....	2
Objetivos específicos.....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Importancia de la enfermedad.....	3
2.2. Descripción y biología del patógeno.....	3
2.3. Ciclo de la enfermedad.....	4
2.4. Ecología de la enfermedad.....	5
2.5. Síntomas de la Sigatoka negra.....	5
2.6. Interacción <i>Mycosphaerella fijiensis</i> - <i>Musa</i> spp.....	6
2.7. Metodologías de pruebas de resistencia a Sigatoka negra.....	7
2.8. Resistencia genética mediante tratamientos mutagénicos.....	8
2.9. Manejo de la Sigatoka negra.....	9
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
3.1. Localización del estudio.....	12
3.2. Materiales.....	12
<b>3.3. Metodología.....</b>	<b>12</b>
3.3.1. Tratamientos estudiados.....	12
3.3.2. Diseño experimental.....	13

<b>3.4.</b>	<b>Manejo del experimento.....</b>	<b>13</b>
3.4.1.	Control de malezas.....	13
3.4.2.	Registro de incidencia y severidad de Sigatoka negra.....	13
3.4.3.	Cosecha.....	14
<b>3.5.</b>	<b>Variables evaluadas.....</b>	<b>14</b>
<b>3.5.1.</b>	<b>Nivel de Sigatoka negra.....</b>	<b>14</b>
3.5.1.1.	Número de hojas totales por planta en la etapa vegetativa.....	14
3.5.1.2.	Hoja más joven con mancha (HJM).....	14
3.5.1.3.	Severidad.....	14
<b>3.6.</b>	<b>Características agronómicas.....</b>	<b>14</b>
3.6.1	Altura de planta (m).....	14
3.6.2.	Diámetro del pseudotallo (cm).....	14
3.6.3.	Número de hojas en floración.....	14
<b>3.7.</b>	<b>De cosecha.....</b>	<b>15</b>
3.7.1.	Número de días a cosecha.....	15
3.7.2.	Número de días de floración a cosecha.....	15
3.7.3.	Número de hojas funcionales a la cosecha.....	15
<b>3.8.</b>	<b>Caracterización del racimo.....</b>	<b>15</b>
3.8.1.	Grados del racimo.....	15
3.8.2.	Peso neto/racimo (kg).....	15
3.8.3.	Número de manos.....	15
3.8.4.	Longitud de dedo (pulg).....	15
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.</b>	<b>Incidencia y severidad de Sigatoka negra en plantas de banano cv. Williams tratadas con EMS.....</b>	<b>16</b>
4.1.1.	Número de hojas totales por planta en la etapa vegetativa.....	16
4.1.2.	Hoja más joven con mancha (HJM).....	17
4.1.3.	Severidad.....	17
<b>4.2.</b>	<b>Efecto de Sigatoka negra sobre las características agronómicas de banano cv. Williams tratadas con EMS.....</b>	<b>18</b>

4.2.1.	Altura de planta (m).....	18
4.2.2.	Diámetro del pseudotallo (cm).....	19
4.2.3.	Número de hojas en floración.....	20
4.2.4.	Número de días a cosecha.....	21
4.2.5.	Número de días de floración a cosecha.....	22
4.2.6.	Número de hojas funcionales a la cosecha.....	23
4.2.7.	Grados del racimo.....	24
4.2.8.	Peso neto/racimo (kg).....	25
4.2.9.	Número de manos.....	26
4.2.10.	Longitud de dedo (pulg).....	27
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>30</b>
	<b>RESUMEN.....</b>	<b>31</b>
	<b>SUMMARY.....</b>	<b>32</b>
<b>VII.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>33</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	Página
<b>Cuadro 1.</b> Promedios del número de hoja por plantas en la etapa vegetativa de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	16
<b>Cuadro 2.</b> Promedios de hoja más joven con mancha (HJM) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	17
<b>Cuadro 3.</b> Promedios de severidad de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	18
<b>Cuadro 4.</b> Promedios de altura de plantas (m) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	19
<b>Cuadro 5.</b> Promedios del diámetro del pseudotallo (cm) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	20
<b>Cuadro 6.</b> Promedios del número de hojas en floración en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	21
<b>Cuadro 7.</b> Promedios del número de días a cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	22

<b>Cuadro 8.</b>	Promedios del número de días de floración a cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	23
<b>Cuadro 9.</b>	Promedios del número de hojas funcionales a la cosecha en plantas tratadas con EMS, en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	24
<b>Cuadro 10.</b>	Promedios de los grados del racimo en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	25
<b>Cuadro 11.</b>	Promedios de peso neto/racimo (kg) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	26
<b>Cuadro 12.</b>	Promedios del número de manos en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	27
<b>Cuadro 13.</b>	Promedios de longitud de dedo (pulg) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	Página
<b>Anexo 1.</b> Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de hojas por plantas en la etapa vegetativa de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	39
<b>Anexo 2.</b> Análisis de Tukey Alfa=0,05 de hoja más joven con mancha (HJM) de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	39
<b>Anexo 3.</b> Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de la severidad de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	40
<b>Anexo 4.</b> Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 de la altura de planta (cm) de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	40
<b>Anexo 5.</b> Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de diámetro del pseudotallo (cm) de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	41
<b>Anexo 6.</b> Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de hojas en floración de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	41

<b>Anexo 7.</b>	Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 del número de días a cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	42
<b>Anexo 8.</b>	Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de días de floración a cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	42
<b>Anexo 9.</b>	Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de hojas funcionales a la cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	43
<b>Anexo 10.</b>	Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de los grados del racimo en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	43
<b>Anexo 11.</b>	Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de peso neto/racimo (kg) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016....	44
<b>Anexo 12.</b>	Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de manos en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.....	44
<b>Anexo 13.</b>	Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de longitud de dedo (pulg) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016....	45

## I. INTRODUCCIÓN

La Sigatoka negra ocasionada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cuyo anamorfo es *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton, es considerada hasta el momento, la enfermedad foliar de mayor importancia en los cultivos de banano en todo el mundo, produce pérdidas en rendimiento de hasta el 100%, si no se implementan medidas para su manejo (Orozco y Aristizábal, 2006).

El hongo *M. fijiensis* Morelet, hizo su aparición en el Ecuador en el año 1987, en la hacienda “El Timbre”, en la provincia de Esmeraldas. Para el año 1990, la enfermedad estaba diseminada en todo el territorio ecuatoriano. Los esfuerzos oficiales y privados por lograr su control han sido grandes, debido a los altos costos para su control (Banana export, 2010).

La enfermedad provoca desórdenes significativos en el crecimiento vegetativo de la planta, la cual sufre un severo deterioro del área foliar y de la productividad del cultivo, al disminuir su capacidad fotosintética. De presentarse esta condición, la planta no logra extraer de las hojas los elementos nutritivos para llevarlos al racimo; éste puede presentar madurez prematura y la fruta no sirve para la exportación (Herrera, 2007).

Las medidas de manejo de la enfermedad se han basado en el uso de productos químicos que aunque permiten enfrentar de forma eficaz la enfermedad, presenta desventajas por sus efectos sobre el ambiente, sumado a la resistencia de las poblaciones del patógeno, adquirida por la aplicación de ciertos fungicidas sistémicos muy utilizados como los benzimidazoles y los triazoles (Vega, 2002).

La incorporación de genes de resistencia es uno de los mayores desafíos para los mejoradores durante el desarrollo de nuevos cultivares, estas herramientas ofrecen a los mejoradores posibilidades para obtener variabilidad genética y seleccionar caracteres deseables. A través de la ingeniería genética es posible insertar solo los genes necesarios para proporcionar ciertas características deseadas como resistencia a enfermedades, por lo que las propiedades organolépticas o características de post-cosecha se mantendrían como en el cultivar original (Rowe, 1998).

Algunas variedades del género *Musa* han mostrado resistencia parcial a la Sigatoka negra, es decir, la planta puede ser afectada por la enfermedad, pero el área de las lesiones y la capacidad de esporulación es menor y el tiempo de evolución de los síntomas es más lento que en variedades altamente susceptibles (Cuéllar, 2011).

La problemática de la Sigatoka negra va más allá de las pérdidas que ocasiona, la alta variabilidad genética y patogénica de las poblaciones y variedades susceptibles. Es claro que el esfuerzo para el manejo óptimo de la enfermedad debe ser preventivo, en tal sentido la plantación de genotipos resistentes se constituye en la estrategia preventiva y económica para el productor en el control eficiente de la enfermedad (Carlier *et al.*, 1996; Fullerton y Olsen, 1995).

El INIAP a través del Departamento de Biotecnología de la Estación Experimental Litoral Sur, ejecutó el Proyecto PIC 706 denominado “Mutagénesis inductiva para el mejoramiento genético del banano en énfasis en estudio de resistencia a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y productividad”, el mismo que utilizó tratamientos mutagénicos físicos y químicos para obtener individuos de banano con resistencia a dicha enfermedad. Como resultado se logró obtener poblaciones de individuos del tratamiento con Etilmetanosulfanato (EMS), los que fueron sembrados en campo y que se deberían evaluar para determinar su comportamiento frente a la enfermedad y sus características agronómicas.

En base a lo expuesto la presente investigación tuvo los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Evaluar la susceptibilidad a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plantas de banano cv. Williams que fueron tratadas con etilmetanosulfanato (EMS).

**Objetivos específicos:**

- 1.- Determinar la incidencia y severidad de Sigatoka negra en plantas de banano cv. Williams tratadas con EMS.
- 2.- Evaluar el efecto de Sigatoka negra sobre las características agronómicas de banano cv. Williams tratadas con EMS.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia de la enfermedad

La Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es la enfermedad foliar que representa la principal limitante en la producción de musáceas (plátano y banano) a nivel mundial. La enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta y, en consecuencia, los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas. Adicionalmente, infecciones severas de la Sigatoka negra causan la madurez prematura del fruto (Gañán, 2007).

El patógeno destruye rápidamente el tejido foliar; como consecuencia se reduce la fotosíntesis y se afecta el crecimiento de la planta y la producción. En ausencia de medidas de control la enfermedad puede reducir hasta en un 50 % el peso del racimo y causar pérdidas del 100 % de la producción debido al deterioro en la calidad del fruto (longitud y grosor) (Guzmán y Paladines, 2013).

Generalmente es necesario mantener una cantidad mínima de ocho hojas en la planta hasta el tiempo de cosecha para que la calidad de la fruta sea estable durante el transporte. Las frutas de plantas gravemente enfermas son propensas a ablandarse prematura e irregularmente. Esto constituye una preocupación grave para los que producen fruto para exportación debido a las exigencias rígidas de los consumidores en los países desarrollados (Marín *et al.*, 2003).

### 2.2. Descripción y biología del patógeno

Sigatoka negra, se caracteriza por sus dos estados reproductivos: La fase asexual (*Pseudocercospora fijiensis* Morelet), se presenta en las primeras lesiones de la enfermedad, La fase sexual (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), es la más importante en la expansión de la enfermedad, al producir un gran número de ascosporas a partir de estructuras llamadas pseudotecios (Fullerton, 1994).

**Taxonomía:****Reino :** Fungi**Phylum:** Ascomycota**Clase :** Loculoascomycete**Orden :** Dothideales**Familia:** Mycosphaerellaceae**Género:** Mycosphaerella**Especie:** *Mycosphaerella fijiensis* (Teleomorfo)*Paracercospora fijiensis* (Anamorfo)

Douglas y Ronald, (1992), indican que la fase sexual es la más importante en el desarrollo de la enfermedad, ya que ocasiona un gran número de ascosporas, en estructuras llamadas pseudotecios (también llamadas algunas veces peritecios), las ascosporas son las principales fuentes de inóculo y el medio de dispersión a grandes distancias dentro de un área determinada.

Los conidios son hialinos, cilíndricos, rectos o ligeramente curvos, de seis a nueve septos, delgados en el ápice y más ancho en la base con una cicatriz en el hilum basal del conidio (punto de unión entre el conidio y el conidióforo). Los conidióforos pueden emerger directamente del estoma de manera individual o en pequeños grupos o pueden formar fascículos sobre un estoma irrumpen de color oscuro (Orozco, 1998).

Según Orozco (1998), los conidios miden de 30 - 132 mm de longitud y de 2.5 -5 mm en la parte más ancha. Las estructuras se producen en mayor abundancia en la superficie inferior de las lesiones, pero también pueden ser encontradas en la parte superior.

**2.3. Ciclo de la enfermedad**

El desarrollo de la enfermedad se encuentra directamente influenciado por las condiciones climáticas, susceptibilidad de la variedad sembrada y manejo del cultivo. Las zonas más afectadas por la Sigatoka negra se caracterizan por tener una precipitación mayor a 1.400 mm anuales debido a la presencia continua de una lámina de agua sobre las hojas, favorece los procesos de liberación e infección de las esporas;

humedad relativa superior al 80% y una temperatura promedio entre 23 a 28 °C (Gañán, 2007).

El ciclo de la Sigatoka negra es similar al de la amarilla. Sin embargo, en éste se produce un número mayor de ascosporas, las cuales son más importantes en la dispersión de esta enfermedad. La producción de ascosporas es mayor en las últimas etapas de la enfermedad donde hay mayor cantidad de tejido necrótico. El ciclo total de la enfermedad para plantas de banano puede completarse en solo 23 días y extenderse hasta los 70 días. Sin embargo, lo normal es que el ciclo fluctúe entre los 35 y 50 días. En plátano el ciclo dura un promedio de 75 días (Díaz, Almodóvar y Alvarado, 1997).

#### **2.4. Ecología de la enfermedad**

La enfermedad tiene un comportamiento estacional originada por variaciones de temperatura y precipitación a lo largo del año. La presencia de lluvias crea una capa de agua en la superficie de la hoja donde se genera un ambiente propicio para el hongo (Jácome y Schuh, 2000).

La temperatura y la humedad relativa, favorecen el desarrollo de la enfermedad con promedios entre 20°C y 35°C, ya que estos valores contribuyen a la germinación de conidios y ascosporas, siendo entre 25°C y 28°C el rango de máxima germinación; sobre todo cuando se tiene una alta humedad relativa (Jácome y Schuh, 2000).

Las ascosporas de *M. fijiensis* germinan en un rango amplio entre 10°C y 38°C, considerándose óptimo 27°C, y con una fuerte depresión en temperaturas menores a 20°C. La cantidad de ascosporas en el aire no varía a diferentes alturas, éstas son dispersadas por el viento y depositadas en las hojas más jóvenes de la planta. La lluvia provee condiciones de humedad que favorecen el desarrollo de las infecciones, por tal motivo se observan dos escenarios estrechamente relacionados con la presencia o no del periodo invernal (Jácome y Schuh, 2000).

#### **2.5. Síntomas de la Sigatoka negra**

Según Hoyos (2007), indica que, Fouré (1982) clasificó los síntomas observados en las hojas de plantas infectadas en seis diferentes etapas de desarrollo o estadios:

**Estadio 1:** Es el primer síntoma visible de la enfermedad en la hoja. Se observa una mancha pequeña o peca de color amarillo claro en el envés de la tercera o cuarta hoja. Este síntoma no se observa en la Sigatoka amarilla.

**Estadio 2:** Se observa una estría o raya de color café visible en el envés de la hoja; su color amarillo se asemeja a la primera etapa de la Sigatoka amarilla. Este color va cambiando a café rojizo y más adelante a negro en la parte de arriba de la hoja; sin embargo, mantendrá el color café en el envés de la hoja.

**Estadio 3:** Las estrías o rayas se mantienen del mismo color pero se hacen más grandes y pueden alcanzar una longitud de 2 a 3 cm.

**Estadio 4:** Se observan manchas de color café en el envés de las hojas, las cuales se observan de color negro en el haz o cara superior de las hojas.

**Estadio 5:** Las manchas negras se extienden al envés de la hoja y están rodeadas por una zona de color amarillo intenso.

**Estadio 6:** Las manchas comienzan a observarse hundidas y el centro se seca y adquiere un color grisáceo. Se acentúa el color negro alrededor de las manchas con bordes color amarillo brillante. Estas manchas se observan aunque la hoja se haya secado.

## **2.6. Interacción *Mycosphaerella fijiensis* - *Musa* spp**

La clasificación de los genotipos de *Musa* spp. con relación a su resistencia a la enfermedad ha sido el resultado de la caracterización de las interacciones planta-patógeno. Esta interacción inicia cuando las ascosporas o conidios de *M. fijiensis* llegan e inician la penetración a los espacios intercelulares del parénquima de la hoja, a través de los estomas (Beveraggi, Mourichon y Sallé, 1995). De acuerdo al resultado de esta interacción, los cultivares se han clasificado en tres categorías: los altamente resistentes que bloquean tempranamente la infección (interacciones incompatibles), los parcialmente resistentes que desarrollan los síntomas lentamente (interacciones compatibles), y los susceptibles que desarrollan los síntomas rápidamente (interacciones compatibles) (Lepoivre *et al.*, 2002).

La resistencia de algunas especies de *Musa* a *M. fijiensis* parece ser relacionada más a la post-infección, es decir, la planta activa un mecanismo de defensa, manifestado por la producción de proteínas relacionadas a la patogénesis (Lepoivre, Acuna y Riveros, 1993) y algunas fitoalexinas (Quiñones *et al.*, 2000), así como cambios en la estructura

de sustancias preformadas. El conocimiento de la información genética sobre la herencia natural de la resistencia de musáceas a *M. fijiensis*, es importante para poder desarrollar estrategias de mejora genética de la planta, orientadas hacia la resistencia de la enfermedad (Ortiz y Vuylsteke, 1994).

Muchos programas de mejoramiento genético de *Musa* vía hibridación se basan en la utilización de la resistencia encontrada en especies silvestres de *Musa* como: *Musa acuminata* spp. *burmannica*, *Musa acuminata* spp. *malaccensis* y *Musa acuminata* spp. *siamea*; también en los cultivares diploides Paka (AA), Pisan lilin (AA), Calcuta (AA) y algunos triploides como el cultivar Yangambi Km 5 (AAA), Saba (ABB) y Pisang Ceylan (ABB) (Hernández, 1995).

Las evaluaciones en campo bajo condiciones de infección, han sido durante mucho tiempo el único método disponible para evaluar y seleccionar genotipos de *Musa* resistentes a *M. fijiensis* (Chaerani, 2006). Las mismas deben estar validadas por comparación de los genotipos de interés con cultivares de referencia en pruebas multilocales.

A pesar de los avances obtenidos en la transformación genética, en el estudio de la biología y epifitología de las poblaciones de *M. fijiensis*, en el conocimiento de la interacción *Musa* - *M. fijiensis*, en el uso de los componentes de la resistencia para seleccionar una resistencia más durable en condiciones de campo, la evaluación del desarrollo y evolución de la enfermedad en condiciones de campo mediante el conocimiento de la respuesta de genotipos mejorados de *Musa* frente a *M. fijiensis* en comparación con cultivares de referencia se hace imprescindible para la investigación y el desarrollo asistencial exitoso de programas de mejoramiento (Carlier, Waele y Escalant, 2003).

## **2.7. Metodologías de pruebas de resistencia a Sigatoka negra**

Fouré (1994) describió dos tipos de reacciones en *Musa* frente a Sigatoka negra: la reacción de incompatibilidad resistencia muy alta o hipersensibilidad, observada en Yangambi Km 5 del subgrupo Ibota, AAA, donde no ocurre reproducción del patógeno, y la reacción de compatibilidad con desarrollo de los síntomas y reproducción del patógeno, en la que se diferencian la resistencia parcial, que se

expresa por un alargamiento del ciclo y disminución de la reproducción del patógeno con una baja tasa de incremento de la enfermedad, y la sensibilidad observada en los clones Cavendish y plátanos (AAB), caracterizada por un ciclo de la enfermedad corto, reproducción intensa, alta tasa de incremento de la enfermedad y grandes afectaciones del área fotosintética de la planta.

Otras tecnologías como por ejemplo la ingeniería genética, ofrecen la posibilidad de introducir características puntuales en variedades que tienen óptimas cualidades organolépticas. El uso de técnicas no convencionales como la transformación genética y la hibridación somática constituyen alternativas muy prometedoras para el desarrollo de plantas resistentes a estas enfermedades, como ya se ha demostrado en otros casos. Los métodos de biología molecular ofrecen la posibilidad de clonar y caracterizar genes relacionados con la respuesta de defensa de las plantas a patógenos y adicionalmente introducirlos en variedades con características comercialmente aceptadas (Fontagro, 2006).

En el caso de los bananos, el proceso de mutación consiste en irradiar miles de plántulas con dosis de rayos gamma o rayos X que provocan mutaciones aleatorias. A continuación se procede a filtrar los resultados para ver si las mutaciones han afectado a los genes en una dirección que apunte hacia el rasgo al que se aspira: en este caso, la resistencia a la Sigatoka negra. Fundamentalmente, se trata de un juego de azar: cuanto mejor sea la técnica de filtrado, mayor será la probabilidad de detectar con rapidez una variante única de banano mejorado (FAO, 2014).

## **2.8. Resistencia genética mediante tratamientos mutagénicos**

La mutagénesis es un método de mejoramiento genético que ha sido usada para alterar el tamaño de la planta, la época de floración y cosecha, el color de la fruta, la resistencia a patógenos y la auto compatibilidad. Las mutaciones inducidas pueden cambiar una o pocas características específicas de una variedad, pudiendo contribuir al mejoramiento genético, sin perturbar ninguno de los requerimientos de la industria frutícola y consumidores (Predieri, 2001).

El éxito de la mutagénesis depende del genotipo, de los métodos que se utilicen para inducirla, y de las características que se busca alterar (Brunner y Kepl, 1991).

El cultivo *in vitro* de tejidos vegetales puede ayudar a mejorar en forma efectiva la inducción de mutaciones en varios aspectos. Ofrece la posibilidad de elegir el material vegetal para el tratamiento (yemas axilares, órganos, tejidos y células), lo que es más adecuado comparado con un tratamiento *in vitro*, ya que se disminuye el riesgo de obtener quimeras y hay una alta posibilidad de que las células mutadas expresen la mutación en el fenotipo. El cultivo *in vitro* de tejidos también permite el manejo de grandes poblaciones y la selección y clonación de las variantes seleccionadas. Además, ofrece la posibilidad de realizar en forma rápida los ciclos de propagación con el propósito de separar los sectores mutados de los no mutados del tejido tratado, y permite un control de las condiciones fitosanitarias durante todo el proceso (Predieri, 2001).

**Características del mutagénico EMS:** El metasulfonato de etilo o etilmetanosulfonato (EMS) es un compuesto orgánico mutagénico, teratogénico, y posiblemente carcinogénico con fórmula  $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{C}_2\text{H}_5$ , mutagénico en las plantas y los animales y cancerígeno en los mamíferos. Se ha utilizado como un agente alquilante en estudios de los procesos de reparación del ADN (Sigma-Aldrich, 2014).

Produce mutaciones al azar en el material genético por medio de la sustitución de nucleótidos; particularmente por alquilación de guanina. Esto suele producir mutaciones puntuales solamente. El grupo etilo del EMS reacciona con la guanina en el ADN, formando la base anormal O-6-ethylguanine. Durante la replicación del ADN, el ADN polimerasa que catalizan el proceso con frecuencia, coloca timina en lugar de citosina, oponiéndose a O-6-etilguanina. Siguiendo las siguientes rondas de replicación, la pareja base original GC puede llegar a convertirse en la pareja AT (una mutación de transición). Esto cambia la información genética, es a menudo perjudicial para las células, y puede resultar en enfermedades (Sigma-Aldrich, 2014).

## **2.9. Manejo de la Sigatoka negra**

**Control cultural o deshoje:** Se entiende por control cultural la implementación o modificación de ciertas prácticas de cultivo con la finalidad de generar un ambiente menos favorable para la enfermedad o afectar la reproducción, diseminación e infección del patógeno. Con el deshoje (despunte y cirugía), a intervalos semanales, se logra reducir la severidad de la enfermedad (Villalta y Guzmán 2006).

El deshoje es la eliminación sanitaria de hojas, o partes de ellas, infestadas con Sigatoka negra. Las hojas de banano son la única fuente de inóculo de la Sigatoka negra; el hongo produce más ascosporas en las hojas vivas que en las hojas que se han cortado y caído al suelo. El deshoje aumenta la eficiencia de la aplicación de fungicidas y ayuda a reducir el efecto de maduración temprana (Chillet *et al.*, 2013).

Sin embargo, para garantizar un adecuado desarrollo de los racimos hasta la cosecha, hay que balancear la eliminación de las hojas infectadas con la preservación de un área mínima de superficie foliar (Vargas *et al.*, 2009).

**Deshoje temprano:** Este método consiste en eliminar semanalmente la punta de la hoja (unos 20 cm) de una de las 5 hojas más viejas, antes de que aparezca la necrosis. Es complementario al deshoje sanitario y es particularmente útil en zonas donde las condiciones son favorables para el desarrollo de la Sigatoka Negra o durante la temporada de lluvias (Chica *et al.*, 2004).

**Deshoje durante la floración:** Este método consiste en eliminar sistemáticamente las tres hojas más viejas, durante la floración. Tiene un fuerte impacto en el área foliar de la planta. Anticipa, pero no reemplaza, el deshoje sanitario, ya que los síntomas pueden aparecer en otras hojas antes de la cosecha (Martínez *et al.*, 2006).

**Control químico:** Es la principal herramienta para el manejo de la Sigatoka negra. Se realiza mediante la aplicación alterna y en mezcla de fungicidas protectores y sistémicos. Los fungicidas protectores son de acción multisitio (bajo o nulo riesgo de resistencia) y se incluyen en este grupo el mancozeb y el clorotalonil. Los sistémicos son de acción sitio-específico (moderado a alto riesgo de resistencia) e incluyen fungicidas de grupos como benzimidazoles, aminas, triazoles, estrobirulinas y anilino pirimidinas. Además, se encuentran en proceso de registro nuevos fungicidas sistémicos de dos grupos químicos nunca antes utilizados en banano: carboxamidas y guanidinas. *M. fijiensis* ha desarrollado resistencia a los benzimidazoles, triazoles y estrobirulinas, lo cual ha reducido su eficacia en campo y limitado su uso (Martínez y Guzmán, 2010).

El desarrollo de resistencia a los fungicidas de los grupos antes mencionados, ha incrementado el uso de aminas y anilino pirimidinas, lo cual se vislumbra como un

riesgo, debido al aumento en la presión de selección que se ejerce sobre el patógeno. Por lo anterior, el uso de los fungicidas sistémicos en banano debe ajustarse a las recomendaciones establecidas por el Comité de Acción Contra la Resistencia a Fungicidas (FRAC, 2010).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del estudio**

Esta investigación se realizó en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, ubicada en la provincia de Los Ríos en el Km 5 vía Quevedo - El Empalme. La Estación se encuentra ubicada a una altitud promedio de 75 msnm y posesionada geográficamente en las coordenadas 01°05'24'' latitud Sur y 79°28'06'' longitud Occidental. La temperatura media anual es de 25°C, 2.223 mm precipitación, 85% de humedad relativa y 898 horas luz.<sup>1/</sup>

#### **3.2. Materiales**

1. Croquis de parcelas
2. Libreta de campo
3. Lápiz
4. Tarjetas de identificación
5. Regla de madera
6. Cinta métrica
7. Podón
8. Machete
9. Calibrador
10. Balanza de reloj (kg)
11. Cámara fotográfica
12. Computador

#### **3.3. Metodología**

##### **3.3.1. Tratamientos estudiados**

Los tratamientos estuvieron constituidos por siete dosis de EMS y un testigo absoluto y fueron los siguientes:

1. Testigo absoluto
2. 0,5% - 1 hora
3. 0,5% - 3 horas

---

<sup>1/</sup>Datos meteorológicos obtenidos en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, durante el 2015.

4. 0,5% - 6 horas
5. 1% - 1 hora
6. 1% - 3 horas
7. 1% - 6 horas
8. 2% - 3 horas

### **3.3.2. Diseño experimental**

Debido a que cada una de las plantas procedentes del tratamiento mutagénico (EMS) fueron individuos diferentes y el número de plantas variables no fueron sembradas en bloques ni tenían repeticiones, por ello el análisis fue completamente al azar. Los datos fueron analizados con el programa estadístico InfoStat/E, para comparar las medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey=0,05, también para comparar grupos de plantas de iguales características se usó el Test de Scott & Knott Alfa=0,05.

### **3.4. Manejo del experimento**

En el presente trabajo de investigación se realizaron las siguientes labores:

#### **3.4.1 Control de malezas**

El control de malezas se lo realizó mecánicamente con motoguadaña.

#### **3.4.2. Registro de incidencia y severidad de Sigatoka negra**

El registro de Sigatoka negra se realizó cada dos semanas, las lecturas se tomaban en el envés de la hoja y se utilizó como referencia la escala de Stover modificada por Gauhl de 0 a 6 donde:

0 = sin síntomas

1 = pizcas y hasta 10 manchas

2 = más de 10 manchas hasta 5% del área foliar afectada

3 = 6 - 15% del área foliar afectada

4 = 16 - 33%

5 = 34 - 50% y

6 = 51 - 100% del área foliar afectada.

Con esta información se determinó el número de hojas por planta, hoja más joven con mancha (HJM) y severidad en cada una de las plantas.

### **3.4.3. Cosecha**

De acuerdo con el ciclo en cada uno de los individuos se hicieron tres cosechas (26 de noviembre, 16 y 21 de diciembre del 2015), y en cada una se evaluaron las características de calidad del fruto.

## **3.5. Variables evaluadas**

### **3.5.1. Nivel de Sigatoka negra**

Para evaluar el nivel de Sigatoka negra, se utilizaron las siguientes variables:

#### **3.5.1.1 Número de hojas totales por planta en la etapa vegetativa**

Se contabilizó las hojas presentes en el momento de la floración.

#### **3.5.1.2 Hoja más joven con mancha (HJM)**

Esta variable se obtuvo mediante la escala de Stover modificada por Gauhl.

#### **3.5.1.3. Severidad**

Para evaluar la severidad, se utilizó la escala de Stover modificada Gauhl.

## **3.6. Características agronómicas**

Para evaluar las características agronómicas, se realizó con las variables:

### **3.6.1. Altura de planta (m)**

Esta variable se la realizó una vez que las plantas habían emergido la bellota y con la ayuda de una regla de madera se tomó desde el suelo hasta en el pedúnculo de la inflorescencia.

### **3.6.2. Diámetro del pseudotallo (cm)**

Una vez que las plantas habían emergido la bellota con la ayuda de una cinta métrica se tomó desde el nivel del suelo hasta llegar a los 50 (cm) de largo.

### **3.6.3. Número de hojas en floración**

Se contaron las hojas existentes en todas las plantas seleccionadas al momento de la parición.

### **3.7. De cosecha**

#### **3.7.1. Número de días a cosecha**

Esta variable se registró desde la fecha de siembra hasta el día de la cosecha.

#### **3.7.2. Número de días de floración a cosecha**

Esta variable se obtuvo contabilizando los días entre la floración y la cosecha.

#### **3.7.3. Número de hojas funcionales a la cosecha**

Para evaluar esta variable se consideró como funcional aquella hoja que presente hasta el 15% de afectación según la escala de Stover.

### **3.8. Características del racimo**

#### **3.8.1. Grado del racimo**

Este dato se registró un día antes de la cosecha solo en racimos que tenían 38 grados en adelante, y con la ayuda de un calibrador se colocaba en el dedo medio de la segunda mano del racimo.

#### **3.8.2. Peso neto/racimo (kg)**

Este dato se lo tomó mediante el peso del racimo menos el peso del raquis.

#### **3.8.3. Número de manos**

Una vez cosechado el racimo se realizó el desmane y se contó el número de manos.

#### **3.8.4. Longitud de dedo (pulg)**

Este dato se midió en la segunda mano del dedo central.

#### IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES

##### 4.1. Incidencia y severidad de Sigatoka negra en plantas de banano cv. Williams tratadas con EMS.

###### 4.1.1. Número de hojas por planta en la etapa vegetativa

De acuerdo con el análisis estadístico los tratamientos 0,5%-1H; 0,5%-3H; 0,5%-6H; 1%-1H; 2%-3H; Testigo; llegaron con un mínimo de 6,00 hojas y el tratamiento 1%-1H con un máximo de 12,00 y un promedio de 9,00 por planta; el coeficiente de variación fue de 14,56% (Cuadro 1). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 1).

Cuadro 1. Promedios del número de hojas por plantas en la etapa vegetativa de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	6,00	11,00	8,39 n.s
0,5% - 3H	37	6,00	10,00	7,89
0,5% - 6H	17	6,00	10,00	8,41
1% - 1H	20	6,00	12,00	9,00
1% - 3H	13	7,00	9,00	8,15
1% - 6H	15	7,00	11,00	8,60
2% - 3H	60	6,00	10,00	8,33
Testigo	11	6,00	10,00	8,82
Promedio				8,37
C.V.				14,56%

n.s = no significativo.

#### 4.1.2. Hoja más joven con mancha (HJM)

El análisis estadístico indica que hubo diferencias significativas, el tratamientos 1%-3H fue el de mayor infección con un promedio de 5,46 hoja más joven con mancha, el mismo que fue diferente de los demás tratamientos; el de menor infección fue el tratamiento 1%-1H con un promedio de 6,80 (HJM) y cuyo máximo fue 11,00 (HJM). El coeficiente de variación fue 14,56% (Cuadro 2, Anexo 2).

Cuadro 2. Promedios de hoja más joven con mancha (HJM) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	1,00	9,00	6,17 ab <sup>1/</sup>
0,5% - 3H	37	5,00	9,00	5,78 ab
0,5% - 6H	17	5,00	8,00	6,06 ab
1% - 1H	20	5,00	11,00	6,80 b
1% - 3H	13	5,00	7,00	5,46 a
1% - 6H	15	5,00	9,00	5,93ab
2% - 3H	60	5,00	8,00	5,85 ab
Testigo	11	5,00	7,00	5,73 ab
Promedio				5,98
C.V.				14,56%

<sup>1/</sup> cifras de la columna con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey p= 0.05

#### 4.1.3. Severidad

De acuerdo con el análisis estadístico el tratamiento 0,5%-6H fue el de menor severidad con un promedio de 0,89; y el tratamiento 2%-3H fue el de mayor severidad con un promedio de 1,12. El coeficiente de variación fue 42,12% (Cuadro 3). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott Alfa=0,05; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 3).

Cuadro 3. Promedios de severidad de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	0,13	2,63	1,04 n.s
0,5% - 3H	37	0,13	2,00	1,03
0,5% - 6H	17	0,50	1,63	0,89
1% - 1H	20	0,20	1,80	0,91
1% - 3H	13	0,63	1,67	1,04
1% - 6H	15	0,50	1,60	1,10
2% - 3H	60	0,10	1,88	1,12
Testigo	11	0,44	1,88	1,11
Promedio				1,04
C.V				42,12%

n.s = no significativo.

#### 4.2. Efecto de Sigatoka negra sobre las características agronómicas de banano cv. Williams tratadas con EMS.

##### 4.2.1. Altura de planta (m)

De acuerdo con el análisis estadístico hubo diferencias significativas, los tratamientos 0,5%-3H y 1%-3H tuvieron la menor altura de planta con un promedio de 2,13 metros, y el tratamiento 0,5%-1H llegó con un máximo de 2,85 y un promedio de 2,38 metros siendo igual estadísticamente a los tratamientos 1%-1H y 1%-6H. El coeficiente de variación fue 10,08% (Cuadro 4, Anexo 4).

Cuadro 4. Promedios de altura de plantas (m) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Número de plantas</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>
0,5% - 1H	36	1,95	2,85	2,38 b <sup>1/</sup>
0,5% - 3H	37	1,83	2,50	2,13 a
0,5% - 6H	17	1,98	2,43	2,18 a
1% - 1H	20	1,80	2,80	2,28 b
1% - 3H	13	1,90	2,40	2,13 a
1% - 6H	15	1,90	2,81	2,30 b
2% - 3H	60	1,90	2,80	2,23 a
Testigo	11	2,00	2,35	2,19 a
Promedio				2,25
C.V				10,08%

<sup>1/</sup> cifras de la columna con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo al test de Scott & Knott Alfa=0,05

#### 4.2.2. Diámetro del pseudotallo (cm)

De acuerdo con el análisis estadístico el tratamiento 0,5%-1H llegó con un mínimo de 22,00 cm y un máximo de 72,00 cm con un promedio de 62,17 cm. El coeficiente de variación fue 10,55% (Cuadro 5). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott Alfa=0,05; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 5).

Cuadro 5. Promedios del diámetro del pseudotallo (cm) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	22,00	72,00	62,17 n.s
0,5% - 3H	37	48,00	69,00	57,84
0,5% - 6H	17	50,00	69,00	58,06
1% - 1H	20	45,00	69,00	58,70
1% - 3H	13	54,00	67,00	59,85
1% - 6H	15	53,00	70,00	61,53
2% - 3H	60	43,00	69,00	60,20
Testigo	11	53,00	64,00	58,45
Promedio				59,78
C.V				10,55%

n.s = no significativo.

#### 4.2.3. Número de hojas en floración

Los tratamientos 0,5%-1H; 0,5%-3H; 0,5%-6H; 1%-1H; 2%-3H y el Testigo absoluto; llegaron con un mínimo de 6,00 hojas a la floración y el tratamiento 1%-1H con un máximo de 12,00 hojas y un promedio de 9,10 hojas. El coeficiente de variación fue 15,17% (Cuadro 6). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott Alfa=0,05; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 6).

Cuadro 6. Promedios del número de hojas en floración en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	6,00	11,00	8,56 n.s
0,5% - 3H	37	6,00	10,00	7,92
0,5% - 6H	17	6,00	10,00	8,29
1% - 1H	20	6,00	12,00	9,10
1% - 3H	13	7,00	9,00	8,23
1% - 6H	15	7,00	11,00	8,73
2% - 3H	60	6,00	10,00	8,33
Testigo	11	6,00	10,00	8,73
Promedio				8,41
C.V.				15,17%

n.s = no significativo

#### 4.2.4. Número de días a cosecha

De acuerdo con el análisis estadístico hubo diferencias significativas entre tratamientos, el tratamientos 0,5%-3H tuvo el menor número de días a cosecha con un promedio de 276,95 días siendo igual estadísticamente a los tratamientos 1%-3H; 2%-3H; testigo; el tratamiento 0,5%-6H tuvo el mayor número días con un promedio de 291,65 días fue igual a los tratamientos 1%-1H y 1%-6H. El coeficiente de variación fue 5,76% (Cuadro 7, Anexo 7).

Cuadro 7. Promedios del número de días a cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	269,00	304,00	281,44 a <sup>1/</sup>
0,5% - 3H	37	269,00	304,00	276,95 a
0,5% - 6H	17	269,00	304,00	291,65 b
1% - 1H	20	269,00	304,00	288,95 b
1% - 3H	13	269,00	304,00	281,38 a
1% - 6H	15	269,00	304,00	286,27 b
2% - 3H	60	269,00	304,00	277,52 a
Testigo	11	269,00	304,00	283,64 a
Promedio				281,53
C.V				5,76%

<sup>1/</sup> cifras de la columna con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo al test de Scott & Knott Alfa=0,05

#### 4.2.5. Número de días de floración a cosecha

El tratamiento 0,5%-1H tuvo el menor número de días de floración a cosecha con un promedio de 78,69 días y el tratamiento 0,5%-6H alcanzó el mayor número de días con un promedio de 84,18. El coeficiente de variación fue 12,03% (Cuadro 8). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 8).

Cuadro 8. Promedios del número de días de floración a cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	62,00	98,00	78,69 n.s
0,5% - 3H	37	62,00	99,00	82,35
0,5% - 6H	17	70,00	99,00	84,18
1% - 1H	20	64,00	99,00	79,15
1% - 3H	13	64,00	93,00	79,23
1% - 6H	15	64,00	98,00	82,27
2% - 3H	60	64,00	98,00	81,10
Testigo	11	62,00	88,00	78,73
Promedio				80,81
C.V				12,03%

n.s = no significativo

#### 4.2.6. Número de hojas funcionales a la cosecha

El análisis estadístico mostró que el tratamiento 1%-1H tuvo el mayor número de hojas por planta con un promedio 8,40 hojas y el tratamiento 0,5%-3H tuvo el menor número con un promedio con 7,19 hojas. El coeficiente de variación fue 20,81% (Cuadro 9). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 9).

Cuadro 9. Promedios del número de hojas funcionales a la cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	4,00	11,00	7,69 n.s
0,5% - 3H	37	4,00	10,00	7,19
0,5% - 6H	17	6,00	9,00	7,76
1% - 1H	20	4,00	11,00	8,40
1% - 3H	13	6,00	9,00	7,62
1% - 6H	15	6,00	10,00	7,67
2% - 3H	60	5,00	10,00	7,35
Testigo	11	4,00	9,00	8,00
Promedio				7,59
C.V				20,81%

n.s = no significativo.

#### 4.2.7. Grados del racimo

De acuerdo con el análisis estadístico el tratamiento Testigo tuvo el menor grado con un promedio de 39,82 y el tratamiento 0,5%-3H con un máximo de 48,00 y un promedio de 40,84 grados. El coeficiente de variación fue 3,64% (Cuadro 10). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott Alfa=0,05; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 10).

Cuadro 10. Promedios de los grados del racimo en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	39,00	43,00	40,19 n.s
0,5% - 3H	37	39,00	48,00	40,84
0,5% - 6H	17	39,00	43,00	40,59
1% - 1H	20	38,00	43,00	40,20
1% - 3H	13	39,00	42,00	40,46
1% - 6H	15	39,00	43,00	40,53
2% - 3H	60	39,00	43,00	40,52
Testigo	11	39,00	42,00	39,82
Promedio				40,45
C.V				3,64%

n.s = no significativo.

#### 4.2.8. Peso neto/racimo (kg)

De acuerdo con el análisis estadístico el tratamiento 0,5%-3H tuvo un mínimo de 7,00 kilogramos y el tratamiento 0,5%-6H con un máximo de 23,00 kilogramos y un promedio de 15,54 kg. El coeficiente de variación de 21,12% (Cuadro 11). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott Alfa=0,05; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 11).

Cuadro 11. Promedios de peso neto/racimo (kg) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	9,50	22,00	14,83 n.s
0,5% - 3H	37	7,00	21,00	15,07
0,5% - 6H	17	8,00	23,00	16,24
1% - 1H	20	10,00	21,00	15,30
1% - 3H	13	14,00	22,00	17,04
1% - 6H	15	10,00	21,00	14,73
2% - 3H	60	11,00	22,00	15,62
Testigo	11	15,00	21,00	17,64
Promedio				15,54
C.V				21,12%

n.s = no significativo.

#### 4.2.9. Número de manos

De acuerdo con el análisis estadístico el tratamiento Testigo tuvo el menor número de manos con un promedio de 5,82 y el tratamiento 0,5%-6H tuvo el mayor número con un promedio de 6,47 manos; el coeficiente de variación fue 14,86% (Cuadro 12). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott Alfa=0,05 ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 12).

Cuadro 12. Promedios del número de manos en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

Tratamientos	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Media
0,5% - 1H	36	5,00	8,00	6,28 n.s
0,5% - 3H	37	4,00	8,00	6,19
0,5% - 6H	17	4,00	8,00	6,47
1% - 1H	20	4,00	8,00	6,35
1% - 3H	13	5,00	7,00	6,15
1% - 6H	15	5,00	8,00	6,20
2% - 3H	60	5,00	8,00	6,52
Testigo	11	5,00	7,00	5,82
Promedio				6,23
C.V				14,86%

n.s = no significativo.

#### 4.2.10. Longitud de dedo (pulg)

De acuerdo con el análisis estadístico el tratamiento Testigo tuvo la menor longitud del dedo con un promedio de 6,41 pulgadas y el tratamiento 1%-3H tuvo el mayor valor con un promedio de 6,81 pulgadas. El coeficiente de variación fue 8,10% (Cuadro 13). No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos por medio del Test: Scott & Knott Alfa=0,05; ni de Tukey Alfa=0,05 (Anexo 13).

Cuadro 13. Promedios de longitud de dedo (pulg) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Número de plantas</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>
0,5% - 1H	36	6,00	7,50	6,65 n.s
0,5% - 3H	37	6,00	7,50	6,62
0,5% - 6H	17	6,00	7,00	6,50
1% - 1H	20	5,00	7,50	6,55
1% - 3H	13	6,00	7,50	6,81
1% - 6H	15	6,00	7,50	6,73
2% - 3H	60	6,00	7,00	6,49
Testigo	11	6,00	7,00	6,41
Promedio				6,58
C.V				8,10%

n.s = no significativo.

## V. DISCUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos en el estudio sobre susceptibilidad de plantas de banano cv. Williams tratadas con etilmetanosulfanato (EMS) a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en condiciones de campo, se obtuvo lo siguiente:

El tratamiento 0,5%-6H tuvo una menor severidad a Sigatoka negra y el tratamiento 1%-1H presentó una menor infección de hoja más joven con mancha. Esto concuerda con la FAO, (2014) que indican que el proceso de una buena técnica de mutación en bananos conlleva a una resistencia de enfermedades del cultivo. Al igual que Predieri, (2001) menciona que utilizar una mutagénesis puede llegar alterar la resistencia en patógenos.

Los tratamientos 1%-3H y 0,5%-3H lograron tener el menor tamaño de planta; el tratamiento 0,5%-1H logró alcanzar en menor número de días a floración a cosecha y el tratamiento 0,5%-3H alcanzó el menor número de días a la cosecha. Esto concuerda con Predieri, (2001) que menciona que utilizar una mutagénesis puede llegar alterar tamaño de la planta, época de floración y cosecha.

El tratamiento 1%-1H presentó el menor número de hojas funcionales a la cosecha. Esto concuerda con Marín *et al.*, (2003) que menciona que generalmente es necesario mantener una cantidad mínima de ocho hojas en la planta hasta el tiempo de cosecha para que la calidad de la fruta sea estable durante el transporte. Esto constituye una preocupación grave para los que producen fruto para exportación debido a las exigencias rígidas de los consumidores en los países desarrollados.

El tratamiento 0,5%-6H obtuvo el mayor peso neto/racimo (kg). Esto concuerda con Vargas *et al.*, (2009) que menciona que para garantizar un adecuado desarrollo de los racimos hasta la cosecha, hay que balancear la eliminación de las hojas infectadas con la preservación de un área mínima de superficie foliar.

El mayor número de manos la obtuvo el tratamiento 0,5%-6H. Esto concuerda con Hohmann, Jacobs y Jung, (2005); Luan *et al.*, (2007) que indican que la aplicación de los agentes mutagénicos (EMS) a diferentes dosis y horas ha sido citada en la obtención de un amplio espectro de mutantes de interés agronómico tales como en rendimiento y productividad.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

En base a los resultados se concluye lo siguiente:

1. El tratamiento 1%-1H tuvo el mayor número de hojas por planta, número de hojas en floración y número de hojas funcionales a la cosecha, al igual que la hoja más joven con mancha.
2. El tratamiento 0,5%-6H obtuvo la menor severidad de Sigatoka negra, al igual que el mayor peso neto/racimo (kg) y número de manos.
3. El tratamiento 0,5%-3H alcanzó la menor altura de planta, al igual que el menor número de días a cosecha y el mayor número de grados del racimo.
4. El tratamiento 1%-3H presentó la menor altura de planta y la mayor longitud de dedo (pulg).
5. El tratamiento 0,5%-1H adquirió el mayor diámetro de pseudotallo y el menor número de días de floración a cosecha.
6. El tratamiento 0,5%-3H obtuvo el menor número de días a cosecha y el mayor número de grados del racimo.

### Recomendaciones

En base a las conclusiones se recomienda lo siguiente:

1. Realizar nuevos estudios en época lluviosa, con el fin de determinar cuáles son los niveles de incidencia y severidad en Sigatoka negra en plantas tratadas con EMS.
2. Estudiar el comportamiento de la fruta en condiciones de empaque, transporte y percha.
3. Estudiar el comportamiento agronómico de los R1 de las plantas procedentes de tratamientos mutagénicos.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, ubicada en la provincia de Los Ríos en el Km 5 vía Quevedo - El Empalme.

Los objetivos específicos fueron los siguientes: a) Determinar la incidencia y severidad de Sigatoka negra en plantas de banano cv. Williams tratadas con EMS. b) Evaluar el efecto de Sigatoka negra sobre las características agronómicas de banano cv. Williams tratadas con EMS.

El diseño empleado fue completamente al azar, debido a que cada una de las plantas procedentes del tratamiento mutagénico fueron individuos diferentes no fueron sembradas en bloques ni tenían repeticiones. Los datos fueron analizados con el programa estadístico InfoStat/E, para comparar las medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey=0,05, también para comparar grupos de plantas de iguales características se usó el Test de Scott & Knott Alfa=0,05.

Las variables registradas fueron las siguientes: número de hojas por planta en la etapa vegetativa, hoja más joven con mancha (HJM), severidad, altura de planta (cm), diámetro del pseudotallo (cm), número de hojas en floración, número de días a cosecha, número de días de floración a cosecha, número de hojas funcionales a la cosecha, grado del racimo, peso neto/racimo (kg), número de manos y longitud de dedo (pulg).

De acuerdo a resultados se concluyó lo siguiente: a) El tratamiento 1%-1H alcanzó el mayor número de hojas por planta, número de hojas en floración y número de hojas funcionales a la cosecha, al igual que la hoja más joven con mancha. b) El tratamiento 0,5%-6H obtuvo la menor severidad de Sigatoka negra, al igual que el mayor peso neto/racimo (kg) y número de manos. c) El tratamiento 0,5%-3H alcanzó la menor altura de planta, al igual que el menor número de días a cosecha y el mayor número de grados del racimo. d) El tratamiento 1%-3H alcanzó la menor altura de planta y la mayor longitud de dedo (pulg). e) El tratamiento 0,5%-1H tuvo el mayor diámetro de pseudotallo y el menor número de días de floración a cosecha. f) El tratamiento 0,5%-3H obtuvo el menor número de días a cosecha y el mayor número de grados del racimo.

## SUMMARY

This research was conducted at the INIAP Pichilingue Tropical Experimental Station, located in the province of Los Rios in the Km 5 via Quevedo - El Empalme.

The specific objectives were: a) To determine the incidence and severity of black Sigatoka in banana plants cv. Williams treated with EMS. b) evaluate the effect of black Sigatoka on the agronomic characteristics of banana cv. Williams treated with EMS.

The design was completely random, because each of the plants from the mutagenic treatment were not different individuals were planted in blocks and had no repetitions. Data were analyzed with statistical software InfoStat / E, to compare the means test Tukey multiple range = 0.05 was used, the Scott & Knott test Alfa = 0 is also to compare groups of plants with the same characteristics used 05.

The variables recorded were: number of leaves per plant in the vegetative stage, youngest leaf spotted (YLS), severity, plant height (cm), pseudostem diameter (cm), number of leaves at flowering, number of days to harvest, number of days from flowering to harvest, number of functional leaves at harvest, grade cluster, net weight / bunch (kg), number of hands and finger length (in).

According to results the following conclusions: a) Treatment 1% -1H reached the highest number of leaves per plant, number of leaves in flowering and number of functional leaves at harvest, as the youngest leaf spotted. b) Treatment 6H gained 0.5% lower severity of black Sigatoka, as the largest net weight / bunch (kg) and number of hands. c) Treatment -3H reached 0.5% less plant height, like the fewest days to harvest and as many degrees cluster. d) Treatment 1% -3 reached the lowest plant height and longer finger (in). e) Treatment -1H 0.5% had the highest pseudostem diameter and the least number of days from flowering to harvest. f) Treatment 0.5% -3 had the lowest number of days to harvest and the largest number of degrees from the cluster.

## VII. LITERATURA CITADA

**Banana export, 2010.** Sigatoka negra no da tregua a productores bananeros. Disponible en:

[http://www.bananaexport.com/noticias\\_noviembre\\_2010/4.htm](http://www.bananaexport.com/noticias_noviembre_2010/4.htm) (en línea).

**Beveraggi, A., Mourichon, X., Sallé, G. 1995.** Étude comparée des premières étapes de l'infection chez des bananiers sensibles et résistants infectés par *Cercospora fijiensis* (*Mycosphaerella fijiensis*) agent responsable de la maladie des raies noires. Canadian Journal of Botany 73:1328-1337.

**Brunner, H. Keppl, H. 1991.** Radiation induced apple mutants of improved commercial value. IAEA, Vienna. Plant Mutation Breeding for Crop Improvement 1: 547 – 552.

**Carlier J., M. Lebrun, M. Zapater, C. Dubois and X. Mourichon. 1996.** Genetic structure of the global population of banana black leaf streak fungus *Mycosphaerella fijiensis*. Molecular Ecology 5(4):499-510.

**Cuéllar L., C. 2011.** Evaluación de resistencia de genotipos de plátano y banano a la Sigatoka negra. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 64(1):5853–5865.

**Carlier J, Waele D, Escalant JV. 2003.** Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por Fusarium, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nematodos. Evaluación del comportamiento (A. Vézina y C. Picq, eds). Guías técnicas INIBAP 7. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia.

**Chillet, M., Castelan, F.P., Abadie, C., Hubert, O. and De Lapeyre De Bellaire, L. 2013.** Necrotic leaf removal, a key component of integrated management of *Mycosphaerella* leaf spot diseases to improve the quality of banana: the case of Sigatoka disease. Fruits 68(4):271-277.

**Chaerani R. 2006.** Early blight resistance in tomato: screening and genetic study Ph.D. thesis, Wageningen University, the Netherlands ISBN: 90-8504-355-7. 88p.

**Chica, R., Herrera, M., Jiménez, I., Lizcano, S., Montoya, J.A., Patiño, L.F., Rodríguez, P.A. and Ruiz, L.H. 2004.** Impacto y manejo de la Sigatoka negra en el cultivo de banano de exportación en Colombia. p.53-62. In: Orozco-Santos, M., Orozco Romero, J., Robles-González, M., Velázquez-Monreal, J., Medina-Urrutia, V. and Hernández-Bautista, J.A. (eds.). Proceedings of Reunión Internacional ACORBAT, Oaxaca (MEX), 2004/09/26-10/01. Publicación especial del XVI reunión internacional ACORBAT. ACORBAT, Oaxaca (MEX).

**Douglas M & Ronald. R, 1992.** El combate de la sigatoka negra. Boletín No 4. Departamento de investigaciones. CORBANA. 22p

**Díaz M., W. Almodóvar & A. Alvarado. 1997.** La Sigatoka Negra: Enfermedad Mortal para el Cultivo de Plátanos y Guineos, Rev. Agroempresarial, dic. 96-abr. 97. Págs. 28-31.

**Fullerton, R.A. and T.L. Olsen. 1995.** Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet cause of black Sigatoka in banana and plantain. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 23(1): 39-48.

**Fullerton, R.A. 1994.** “Sigatoka leaf disease. In compendium of tropical fruit disease”. (Ploetz R. C et al., eds). The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 12-14 p.

**Fouré, E. 1994.** Leaf spot disease of banana and plantain cause by *Mycosphaerella fijiensis* and *mycosphaerella musicola*. 37-46p in the improvement and testing of musa: A global partnership. Proceedings of the first global conference of the international musa testing. Programme (D. Jones, ed) INIBAP, Montpellier, France.

**Fontagro, 2006.** Desarrollo de cultivares de platano y banano de consumo local resistente a la Sigatoka negra para América Latina. Disponible en: <http://www.fontagro.org/proyectos/desarrollo-de-cultivares-de-pl%C3%A1tano-y-banano-de-consumo-local-resistentes-la-sigatoka-negr> (en línea).

**FAO 2014.** Inducción de mutaciones identifica variedades de banano resistentes a los hongos. Revista EL AGRO, EC. (37):44.

**FRAC. 2010.** General Resistance Management Strategies in Banana. In Banana Working Group Meeting (2010, Miami, Florida, USA) Summary and recommendations. Miami, USA. 12 p

**Gañán, F. 2007.** Prácticas de manejo de las Sigatoka amarilla y negra en plátano Dominico Hartón. Agronomía 15(2):39–48.

**Guzmán Q., M., y Paladines G., R. 2013.** Sigatoka Negra – El hongo destructor de las plantaciones de banano. Revista EL AGRO, EC. (57):54.

**Guzmán, M; Villalta, R. 2007.** Efecto del método de control de malezas sobre el desarrollo de la Sigatoka negra y la producción del banano (*Musa* AAA, cv. Grande naine). CORBANA 33(60):50-52.

**Herrera, M. 2007.** Manejo y control de la Sigatoka negra en plátano y banano. Asociación de Ingenieros Agrónomos del Valle de Cauca. Revista ASIAVA 77: 12-15.

**Hernández, R. 1995.** Selección in vitro e invernadero de clones de *Musa* sp. para la evaluación de su resistencia a la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Tesis en opción del grado científico de Master en ciencia. CATIE. pp 97.

**Hoyos G, N. 2007.** Evaluación de resistencia de Mbouroukou (África 1) y FHIA 03 a la Sigatoka negra y Sigatoka amarilla. Agronomía 15(2):67–76.

**Hohmann U., G. Jacobs AND C. Jung. 2005.** An EMS mutagénesis protocol for sugar beet and isolation of non-bolting mutants. Plant Breeding 124:317-321.

**Jácome y Schuh. 2000.** Effects of leaf wetness duration and temperature on development of black Sigatoka disease on banana infected by *Mycosphaerella fijiensis*, *Phytopathology* 82,1991, 515-520.

**Lepoivre, P., Busogoro, J.P., El Hadrami, A., Carlier, J., Harelimana, G., Mourichon, X., Panis, B., Stella Riveros, A., Roux, N., Sallé, G., Strosse, H., and Swenen, R. 2002.** Banana-*Mycosphaerella fijiensis* (black leaf streak disease) interactions. In: Proceedings of the 2nd International Workshop on *Mycosphaerella fijiensis* leaf spot diseases of bananas. INIBAP. CORBANA. CATIE, San José, Costa Rica, 20-23 May, 2002. 317 p.

**Lepoivre, P., Acuna, P., and Riveros, A.S. 1993.** Screening procedure for improving resistance to banana black leaf streak disease. pp. 213-220. In: J. Ganry (ed.). *Breeding Bananas for Resistance to Disease and Pests*. CIRAD/INIBAP, Montpellier, France. 393p.

**Luan Y.-S., J. Zhang, X.-R. Gao AND Jan., L. 2007.** Mutation induced by ethylmethanesulphonate (EMS), in vitro screening for salt tolerance and plant regeneration of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Plant Cell Tissue Organ Culture* 88: 77-81.

**Marín, D.H., R.A. Romero, M. Guzmán, and T.B. Sutton. 2003.** Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant Dis.* 87:208-222.

**Martinez-Acosta, A.M., Castaneda-Sanchez, D.A., Bornacelly-Horta, H. and Merchan, V. 2006.** La poda trepana, practica en el manejo integral de la Sigatoka negra en banano. Proceedings of the XVII International Meeting of ACORBAT. Joinville, Brazil, October 15-20. Pp. 690-697.

**Martínez, I; Guzmán,M. 2010.** Efecto de la fertilización foliar con tres fuentes de silicio sobre la severidad de la Sigatoka negra, el crecimiento y la producción del banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine). Pag. 173-175. In Informe Anual 2009, Dirección de Investigaciones CORBANA (Corporación Bananera Nacional, CR). San José, CR. Martínez

**Orozco, M.L. y M. Aristizábal. 2006.** Manejo de las Sigatoka del plátano (*Musa AAB*) y su relación con el clima. Universidad de Caldas. Departamento de Fitotecnia. Resumen de investigación. Boletín Fitotecnia No. 110.

**Orozcos., S., M, 1998.** Manejo integrado de la Sigatoka negra del plátano. SAGAR, INIFAP, CIPAC. Campo experimental tecomán, Colima, México. Folleto técnico N01 División Agrícola 95p

**Ortiz, R., and Vuylsteke, D. 1994.** Inheritance of black sigatoka disease resistance in plantain-banana (*Musa* spp.) hybrids. Theoretical and Applied Genetic 89:146-152. PhD. Maria Isabel Jimenez, Tesis de doctorado "Effect of the nutritional status of banana (*Musa* spp.) on leaf disease infestation by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet in Ecuador", pag. 65, Katholieke Universiteit Leuven, 2008.

**Predieri, S. 2001.** Mutation induction and tissue culture in improving fruits. Plantcell, Tissue and Organ Culture 64:185 - 210.

**Quiñones, W., Escobar, G., Echeverri, F., Torres, F., Rosero, Y., Arango, V., Cordana, G., and Gallego, A. 2000.** Synthesis and antifungal activity of *Musa* phytoalexins and structural analogs. Molecules 5:978-980.

**Rowe, P. 1998.** Mejoramiento de banano y plátano resistentes a plagas y enfermedades. Pág. 56 - 62.

**Sigma-Aldrich. 2014.** Etil metanosulfonato. Recuperado el 2014

**Vega, G. 2002.** La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el plátano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Granma. Cuba.

**Villalta, R; Guzmán, M. 2006.** Evaluación de prácticas para la reducción de inóculo interno de *Mycosphaerella fijiensis*. Pag. 65-68. In Informe Anual 2005, Dirección de Investigaciones CORBANA (Corporación Bananera Nacional, CR). San José, CR.

**Vargas, A., Araya, M., Guzman, M., Murillo, G. 2009.** Effect of leaf pruning at flower emergence of banana plants (*Musa AAA*) on fruit yield and black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) disease, International Journal of Pest Management, 55:19-25.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de hojas por plantas en la etapa vegetativa de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
0,5% - 3H	7,89	37	0,20	A
1% - 3H	8,15	13	0,33	A
2% - 3H	8,33	60	0,15	A
0,5% - 1H	8,39	36	0,20	A
0,5% - 6H	8,41	17	0,29	A
1% - 6H	8,60	15	0,31	A
Testigo	8,82	11	0,36	A
1% - 1H	9,00	20	0,27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 2.** Análisis de Tukey Alfa=0,05 de hoja más joven con mancha (HJM) de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>		
1% - 3H	5,46	13	0,35	A	
Testigo	5,73	11	0,38	A	B
0,5% - 3H	5,78	37	0,21	A	B
2% - 3H	5,85	60	0,16	A	B
1% - 6H	5,93	15	0,32	A	B
0,5% - 6H	6,06	17	0,30	A	B
0,5% - 1H	6,17	36	0,21	A	B
1% - 1H	6,80	20	0,28		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 3.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 severidad de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
0,5% - 6H	0,89	17	0,11	A
1% - 1H	0,91	20	0,10	A
0,5% - 3H	1,03	37	0,07	A
1% - 3H	1,04	13	0,12	A
0,5% - 1H	1,04	36	0,07	A
1% - 6H	1,10	15	0,11	A
Testigo	1,11	11	0,13	A
2% - 3H	1,12	60	0,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 4.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 de la altura de planta (cm) de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
1% - 3H	2,13	13	0,06	A
0,5% - 3H	2,13	37	0,03	A
0,5% - 6H	2,18	17	0,05	A
Testigo	2,19	11	0,06	A
2% - 3H	2,23	60	0,03	A
1% - 1H	2,28	20	0,05	B
1% - 6H	2,30	15	0,05	B
0,5% - 1H	2,38	36	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 5.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de diámetro del pseudotallo (cm) de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
0,5% - 3H	57,84	37	1,02	A
0,5% - 6H	58,06	17	1,51	A
Testigo	58,45	11	1,87	A
1% - 1H	58,7	20	1,39	A
1% - 3H	59,85	13	1,72	A
2% - 3H	60,2	60	0,80	A
1% - 6H	61,53	15	1,61	A
0,5% - 1H	62,17	36	1,04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 6.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de hojas en floración de plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
0,5% - 3H	7,92	37	0,21	A
1% - 3H	8,23	13	0,35	A
0,5% - 6H	8,29	17	0,30	A
2% - 3H	8,33	60	0,16	A
0,5% - 1H	8,56	36	0,21	A
Testigo	8,73	11	0,38	A
1% - 6H	8,73	15	0,32	A
1% - 1H	9,10	20	0,28	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 7.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 del número de días a cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>		
0,5% - 3H	276,95	37	2,59	A	
2% - 3H	277,52	60	2,03	A	
1% - 3H	281,38	13	4,36	A	
0,5% - 1H	281,44	36	2,62	A	
Testigo	283,64	11	4,74	A	
1% - 6H	286,27	15	4,06		B
1% - 1H	288,95	20	3,52		B
0,5% - 6H	291,65	17	3,82		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 8.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de días de floración a cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
0,5% - 1H	78,69	36	1,62	A
Testigo	78,73	11	2,93	A
1% - 1H	79,15	20	2,18	A
1% - 3H	79,23	13	2,70	A
2% - 3H	81,10	60	1,26	A
1% - 6H	82,27	15	2,51	A
0,5% - 3H	82,35	37	1,60	A
0,5% - 6H	84,18	17	2,36	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 9.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de hojas funcionales a la cosecha en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
0,5% - 3H	7,19	37	1,08	A
1% - 3H	7,62	13	1,83	A
1% - 6H	7,67	15	1,70	A
0,5% - 1H	7,69	36	1,10	A
0,5% - 6H	7,76	17	1,60	A
Testigo	8,00	11	1,98	A
1% - 1H	8,4	20	1,47	A
2% - 3H	9,47	60	0,85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 10.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de los grados del racimo en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Testigo	39,82	11	0,44	A
0,5% - 1H	40,19	36	0,25	A
1% - 1H	40,20	20	0,33	A
1% - 3H	40,46	13	0,41	A
2% - 3H	40,52	60	0,19	A
1% - 6H	40,53	15	0,38	A
0,5% - 6H	40,59	17	0,36	A
0,5% - 3H	40,84	37	0,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 11.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de peso neto/racimo (kg) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
1% - 6H	14,73	15	0,84	A
0,5% - 1H	14,83	36	0,54	A
0,5% - 3H	15,07	37	0,53	A
1% - 1H	15,3	20	0,73	A
2% - 3H	15,62	60	0,42	A
0,5% - 6H	16,24	17	0,79	A
1% - 3H	17,04	13	0,9	A
Testigo	17,64	11	0,98	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 12.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 del número de manos en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

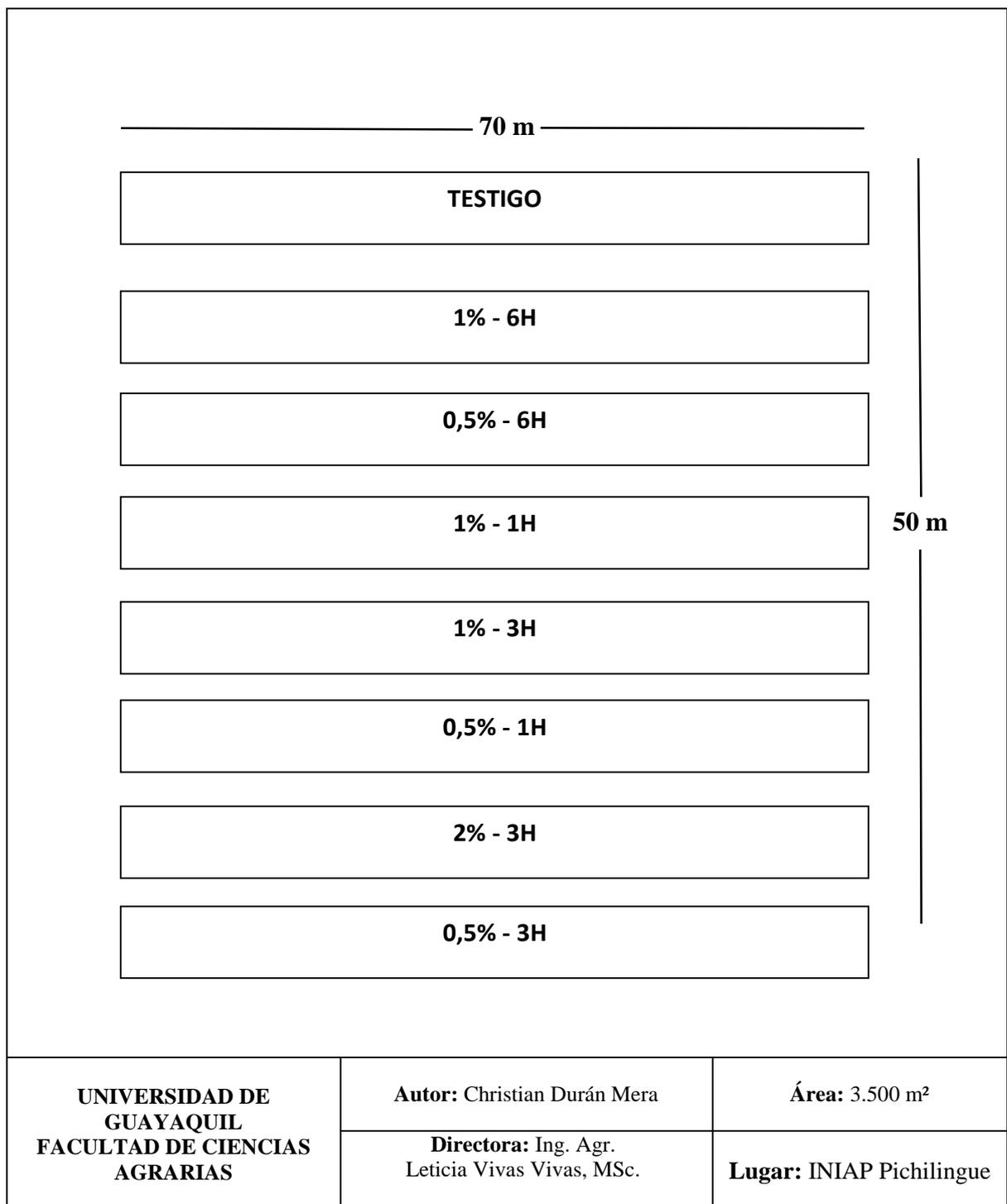
<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Testigo	5,82	11	0,28	A
1% - 3H	6,15	13	0,26	A
0,5% - 3H	6,19	37	0,15	A
1% - 6H	6,2	15	0,24	A
0,5% - 1H	6,28	36	0,16	A
1% - 1H	6,35	20	0,21	A
0,5% - 6H	6,47	17	0,23	A
2% - 3H	6,52	60	0,12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 13.** Análisis de Test: Scott & Knott Alfa=0,05 y Tukey Alfa=0,05 de longitud de dedo (pulg) en plantas tratadas con EMS en condiciones de campo. INIAP Estación Tropical Pichilingue. Universidad de Guayaquil. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Testigo	6,41	11	0,16	A
2% - 3H	6,49	60	0,07	A
0,5% - 6H	6,5	17	0,13	A
1% - 1H	6,55	20	0,12	A
0,5% - 3H	6,62	37	0,09	A
0,5% - 1H	6,65	36	0,09	A
1% - 6H	6,73	15	0,14	A
1% - 3H	6,81	13	0,15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



Croquis de campo.



*Figura 1.* Toma de datos de incidencia y severidad de Sigatoka negra.



***Figura 2.*** Toma de altura de planta.



**Figura 3.** Toma del diámetro del pseudotallo.



**Figura 4.** Toma de datos del peso de racimo.



*Figura 5.* Desmane del racimo.



**Figura 6.** Registro de datos de racimos cosechados.