



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Proyecto de investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agrónomo**

Título del proyecto de investigación:

Selección de material genético de banano cv. Williams (*Musa AAA*) resistente a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), mutados con radiación gamma.

Autor:

Bustamante Intriago Elvis Alberto

Director del proyecto de investigación:

Dr. Herrera Eguez Favio Eduardo

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **ELVIS ALBERTO BUSTAMANTE INTRIAGO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

ELVIS ALBERTO BUSTAMANTE INTRIAGO

AUTOR

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **DR. HERRERA EGUEZ FAVIO EDUARDO**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **ELVIS ALBERTO BUSTAMANTE INTRIAGO**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**SELECCIÓN de material genético de banano cv. Williams (Musa AAA) resistente a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), mutados con radiación gamma**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Dr. Herrera Eguez Favio Eduardo
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

URKUND

Documento	URKUND 25-11-19.docx (D59599281)
Presentado	2019-11-25 10:45 (-05:00)
Presentado por	Favio (fherrerae@uteq.edu.ec)
Recibido	fherrerae.uteq@analysis.arkund.com

9% de estas 17 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

URKUND

Urkund Analysis Result

Analyzed Document:	URKUND 25-11-19.docx (D59599281)
Submitted:	11/25/2019 4:45:00 PM
Submitted By:	fherrerae@uteq.edu.ec
Significance:	9 %

Sources included in the report:

URKUND 26-10-19.docx (D57782455)

Instances where selected sources appear:

7

Dr. Herrera Eguez Favio Eduardo
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO:

“Selección de material genético de banano cv. Williams (Musa aaa) resistente a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), mutados con radiación gamma”

Presentado a la comisión académica como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Elvis Alberto Bustamante Intriago

Aprobado por:

Biol. Fernando Abasolo Pacheco, PhD
Presidente del Tribunal

Dra. Silvia Saucedo Aguiar, PhD
Miembro del Tribunal

Ing. Agr. Erick Eguez Enriquez, M.sc.
Miembro del tribunal

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019

AGRADECIMIENTO

Dedico el presente trabajo a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con excito mis metas propuestas. A mi familia por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades que se presentaron.

Agradezco a mi director el Dr. Favio Herrera quien con su experiencia, conocimientos y motivación me oriento en la investigación. A la estación experimental tropical Pichilingue y aún más al programa de banano, plátano y otras musáceas dirigido por el Dr. Antonio Bustamante el cual me brindo todo su apoyo en todo momento, al igual que los demás miembros del programa y a mis compañeros tesistas Jacinto Pisco, Jimmy Mendieta, Gabriel Figueroa, Andy Ramón y Andrea Velasco.

Elvis Bustamante

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios y a mi familia, por su apoyo constante, por llenar mi vida con sus valiosos consejos y valores inculcados. A todas las personas que me apoyaron he hicieron que el trabajo se realizara con éxito en especial a aquellas me abrieron sus puertas y compartieron sus conocimientos.

Elvis Bustamante

RESUMEN

El banano representa una de las fuentes más importante de ingresos y generación de empleos en el país, este cultivo desde el año 1987 se vio afectado por la llegada de la enfermedad conocida como sigatoka negra, desde ese momento se aumentaron los costos de producción y se empezó a buscar la manera de poder contrarrestar esta enfermedad, por ello se realizó la presente investigación con el objetivo de seleccionar materiales genéticos resistentes a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) de plantas de banano Cv. Williams mutados con radiación gamma y excelentes caracteres agronómicos con beneficios hacia los productores bananeros. El proyecto de investigación se realizó en un lote ya establecido en INIAP, ubicada en la provincia de Los Ríos, en el Km 5 vía Quevedo-El Empalme. El material genético utilizado fue el Cv. Williams, se evaluaron 1119 plantas mutadas con rayos gamma, considerada cada una como un tratamiento, las cuales se compararon con una planta no mutada. Se usó el protocolo para selección de árboles superiores, utilizado para seleccionar un individuo con caracteres deseados, calificándolos con niveles de 1-10 y rangos de 1-52, además se utilizó la prueba t student para determinar la diferencia estadística entre cada tratamiento y el testigo. En base a los resultados se pudo observar lo siguiente: la planta 1082 presentó una incidencia a la enfermedad con 0,37%, la quinta hoja fue la primera en tener síntomas de la enfermedad, también alcanzó 3,27 m de altura con un perímetro del pseudotallo de 72 cm, 7 hojas a floración, 63 días para el desarrollo del fruto, 18 kg peso neto del racimo y con 7,87 pulgadas en el dedo, obteniendo un rango de 29 “regular” a diferencia del testigo que presentó un rango de 22 “Malo”, siendo esta la planta con mejores caracteres agronómicos y la que presentó mayor tolerancia a la enfermedad.

Palabras claves: Musáceas, EMUSA, mutágenos, Stover, PPI.

ABSTRACT

Banana represents one of the most important sources of income and employment generation in the country, this crop since 1987 was affected by the arrival of the disease known as black sigatoka, from that moment the production costs were increased and He began to look for ways to counteract this disease, so the present investigation was carried out with the determination of selecting genetic materials resistant to black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) from Cv banana plants. Williams mutated with gamma radiation and excellent agronomic characteristics with benefits to banana producers. The research project was carried out in a lot established at INIAP, located in the province of Los Ríos, at Km 5 via Quevedo-El Empalme. The genetic material used was Cv. Williams, 1119 mutated plants were evaluated with gamma rays, each considered as a treatment, which were compared with a non-mutated plant. The protocol for selection of superior trees was used, used to select an individual with desired characters, qualifying them with levels of 1-10 and ranges of 1-52, in addition the Student T test was used to determine the statistical difference between each treatment and the witness. Based on the results, the plant 1082 had a incidence of the disease with 0.37%, the fifth leaf was the first to have symptoms of the disease, it also reached 3.27 m in height with a perimeter of the pseudo stem of 72 cm, 7 leaves in bloom, 63 days for fruit development, 18 kg net weight of the cluster and with 7.87 in on the finger, obtaining a range of 29 considered "regular" compared to the control who presented a range of 22 considered "Bad". The plant 1082 was considered the plant with better agronomic characters and the one with the highest tolerance to the disease.

Keywords: Musaceae, EMUSA, mutagenes, stover, PPI.

ÍNDICE

Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.....	iv
Certificación de aprobación por tribunal de sustentación.....	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Índice.....	x
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de anexos.....	xv
Código dublin.....	xvi
Introducción.....	1

CAPITULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico.....	8
2.1.1. Musáceas.....	8
2.1.2. Bananos, musa spp.....	8
2.1.3. Sección eumusa.....	8
2.1.4. Banano cv. williams.....	9
2.1.5. Principales plagas y enfermedades del banano.....	9

2.1.5.1. Ciclo de vida.....	10
2.1.5.2. Síntomas de la sigatoka negra	11
2.1.5.3. Monitoreo de la enfermedad.....	12
2.1.5.4. Manejo de la sigatoka negra.....	13
2.1.6. Mutaciones.....	13
2.1.6.1. Mutaciones naturales	14
2.1.6.2. Mutaciones inducidas	14
2.1.7. Investigaciones realizadas con agentes mutágenos.....	15

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del experimento	18
3.2. Tipo de investigación	18
3.3. Métodos de investigación.....	18
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	18
3.5. Diseño experimental y análisis estadístico.....	18
3.6. Especificaciones del experimento	21
3.7. Instrumento de investigación.....	21
3.7.1. Tratamientos estudiados	21
3.7.2. Manejo del experimento	21
3.8. Datos registrados	22
3.8.1. Incidencia de sigatoka negra.....	22
3.8.2. Hojas más jóvenes con mancha	22
3.8.3. Altura de planta (m).....	22
3.8.4. Perímetro del pseudotallo (cm).....	22
3.8.5. Número de hojas en floración	22
3.8.6. Días de floración a cosecha.....	22
3.8.7. Número de hojas a cosecha.....	23
3.8.8. Grado del fruto (calibre)	23
3.8.9. Peso neto del racimo (kg)	23
3.8.10. Longitud del fruto (pulg)	23

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados	25
4.1.1. Incidencia de sigatoka negra.....	25

4.1.2.	Hoja más joven con mancha	25
4.1.3.	Altura de planta a la floración (m).....	26
4.1.4.	Perímetro del pseudotallo (cm).....	27
4.1.5.	Número de hojas en floración	27
4.1.6.	Días de floración a cosecha.....	28
4.1.7.	Número de hojas a cosecha.....	29
4.1.8.	Grado del fruto (calibre)	29
4.1.9.	Peso neto del racimo (kg)	29
4.1.10.	Longitud del fruto (pulg)	30
4.1.11.	Plantas con los mejores rangos obtenidos.....	30
4.2.	Discusión	32

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	35
5.2.	Recomendaciones.....	36

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía.....	38
------	-------------------	----

CAPÍTULO VII. ANEXOS

7.1.	Anexos.....	43
------	-------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del banano Cv. Williams	9
Tabla 2. Taxonomía del agente causal de sigatoka negra.....	10
Tabla 3. Escalas para la evaluación de severidad de la sigatoka negra	12
Tabla 4. Escala de niveles asignados a cada variable evaluada y valorada. Donde el nivel más alto es el ideal y el más bajo el no deseado. 1). Malo, 2). Bueno, 3). Excelente.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo patológico de la sigatoka negra en musáceas.	11
Figura 2. Promedios de las evaluaciones de incidencia de sigatoka negra en plantas mutantes.	25
Figura 3. Hoja más joven en presentar síntomas de sigatoka negra entre los tratamientos.	26
Figura 4. Altura que presentaron las plantas de banano mutadas con rayos gamma al momento de la floración.	26
Figura 5. Perímetro del pseudotallo correspondientes a las plantas mutadas con los mejores niveles obtenidos.	27
Figura 6. Número de hojas funcionales al momento de la floración de cada tratamiento.	28
Figura 7. Cantidad de días desde el momento de la floración hasta la cosecha en cada planta.	28
Figura 8. Peso neto del racimo de cada tratamiento cosechada y pesado, luego de restar el peso bruto del racimo menos el peso del ratio.	29
Figura 9. Longitud del dedo central de la última mano de los racimos cosechados de las plantas mutadas con rayos gamma.	30
Figura 10. Plantas de banano tratadas con rayos gamma seleccionadas con los mejores rangos obtenidos.	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reporte de análisis de pH y micro elementos presentes en el suelo.....	43
Anexo 2. Reporte de análisis de materia orgánica, macro elementos y clase textural del suelo.....	43
Anexo 3. Plan de fertilización enfocado a las necesidades del cultivo de banano estudiado.....	44
Anexo 4. Fertilización de las plantas de banano en media luna frente al hijo.....	44
Anexo 5. Registro de la incidencia de sigatoka negra en cada tratamiento por separado.....	45
Anexo 6. Registro de la altura de planta al momento de la floración.....	45
Anexo 7. Registro del perímetro del pseudotallo.....	46
Anexo 8. Registro del peso del racimo en kg.....	46
Anexo 9. Registro de la longitud del dedo central de la última mano del racimo.....	47

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Selección de material genético de banano cv. williams (<i>Musa</i> AAA) resistente a sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet), mutados con radiación gamma.
Autor:	Elvis Alberto Bustamante Intriago
Palabras Clave:	Banana, EUMUSA, Mutants, Gamma rays, Black sigatoka, Higher trees
Fecha de publicación:	
Editorial:	Quito: EPN, 2019.
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>Resumen .- El banano representa una de las fuentes más importante de ingresos y generación de empleos en el país, este cultivo desde el año 1987 se vio afectado por la llegada de la enfermedad conocida como sigatoka negra, desde ese momento se aumentaron los costos de producción y se empezó a buscar la manera de poder contrarrestar esta enfermedad, por ello se realizó la presente investigación con el objetivo de seleccionar materiales genéticos resistentes a sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet) de plantas de banano Cv. Williams mutados con radiación gamma y excelentes caracteres agronómicos con beneficios hacia los productores bananeros. El proyecto de investigación se realizó en un lote ya establecido en INIAP, ubicada en la provincia de Los Ríos, en el Km 5 vía Quevedo-El Empalme. El material genético utilizado fue el Cv. Williams, se evaluaron 1119 plantas mutadas con rayos gamma, considerada cada una como un tratamiento, las cuales se compararon con una planta no mutada. Se usó el protocolo para selección de árboles superiores, utilizado para seleccionar un individuo con caracteres deseados, calificándolos con niveles de 1-10 y rangos de 1-52, además se utilizó la prueba t student para determinar la diferencia estadística entre cada tratamiento y el testigo. En base a los resultados se pudo observar lo siguiente: la planta 1082 presentó una incidencia a la enfermedad con 0,37%, la quinta hoja fue la primera en tener síntomas de la enfermedad, también alcanzó 3,27 m de altura con un perímetro del pseudotallo de 72 cm, 7 hojas a floración, 63 días para el desarrollo del fruto, 18 kg peso neto del racimo y con 7,87 pulgadas en el dedo, obteniendo un rango de 29 “regular” a diferencia del testigo que presentó un rango de 22 “Malo”, siendo esta la planta con mejores caracteres agronómicos y la que presentó mayor tolerancia a la enfermedad.</p>
Descripción:	
URI:	

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa* AAA) es un cultivo originario de Asia meridional, cuya producción estimada en el mundo según Arias (2014), asciende a 79 millones de toneladas, de las cuales el 16% van destinadas a la exportación y lo restante al consumo local de los países productores.

El Ecuador es el principal exportador de banano del mundo, dicho producto representa un 32% del comercio mundial, equivalente al 2% del PIB general y aproximadamente el 35% del PIB agrícola. Según el registro del ministro de agricultura y ganadería (MAG), el Ecuador tiene al momento 162,234 hectáreas sembradas de banano, según Salazar *et al.* (2017), la superficie cosechada de banano registro un decremento de 12.35%, en el 2017 contando con 4,473 productores, alcanzando una producción de 325 millones de cajas, vendidas al precio oficial de \$6.26 dólares americanos.

La sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es la principal enfermedad foliar en la producción de musáceas (plátano y banano) a nivel mundial. La enfermedad afecta el área fotosintética de la planta y en consecuencia, se afecta la producción. En Ecuador según Pacheco (2015), fue detectada por primera vez en el año 1987 en la hacienda “El Timbre” de la provincia de Esmeraldas. Dos años más tarde se la encontraba en las provincias de los Ríos y Guayas. Posteriormente, se extendió al sur del país, hasta la provincia del Oro en 1992, en 5 años dicha enfermedad afectó todas las plantaciones bananeras del país.

La susceptibilidad que presentan las plantaciones de banano en todo el país frente a la enfermedad foliar sigatoka negra es un gran limitante en la producción de banano, por tal motivo la obtención de un material genético que sea resistente a esta enfermedad y a su amplia gama de variación genética que tiene su agente causal, sería de vital importancia para reducir las pérdidas ocasionadas por la misma.

La finalidad es seleccionar el material genético de banano que presente mayor resistencia a sigatoka negra, entre los individuos mutados con radiación gamma, para ello se evaluó de manera individual cada uno, utilizando la escala de Stover de 0 a 6 para conocer la severidad de la enfermedad que cada individuo presentó, para de esta manera seleccionar el mejor entre

ellos. Se determinó la severidad de la enfermedad en cada uno de los individuos, también se evaluó las características morfo métricas para dar a conocer plantas con caracteres que brinden características agronómicas convenientes y beneficiosas para los productores.

CAPITULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento del problema

La falta de plantas de banano con su fruto comercial que sea tolerante o resistentes a sigatoka negra, hace que el control de esta enfermedad en las plantaciones genere grandes gastos a los productores. La complejidad que se requiere para formar una variedad nueva se convierte en limitante para generar nuevos individuos, por ello se estudió un banco de germoplasma de banano mutado con radiación gamma para determinar si se obtiene nuevo material de siembra.

1.1.2. Formulación del problema

La aplicación de fungicidas de manera indiscriminada para el control de la sigatoka negra, conlleva a la contaminación del medio ambiente y a la adaptación del hongo tornándolo resistente a las moléculas que se utilizan para su control. Se necesita buscar una alternativa para mitigar este problema que sea amigable con el medio ambiente y el hombre, para ayudar a reducir los costos de producción del cultivo. Las mutaciones han demostrado causar cambios no puntuales en plantas y pueden contribuir a obtener un nuevo material de siembra resistente a sigatoka negra.

1.1.3. Sistematización del problema

En base a la problemática anterior abordada se plantan las siguientes directrices:

¿Cuál de las plantas presenta resistencia a la enfermedad foliar sigatoka negra?

¿Qué planta/s demostraron mejores características morfo métricas en comparación con el testigo?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Seleccionar materiales genéticos resistentes a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) de plantas de banano Cv. Williams mutados con radiación gamma.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la incidencia y severidad de sigatoka negra en plantas de banano Cv. Williams tratadas con radiación gamma.
- Determinar las características morfométricas de banano Cv. Williams tratadas con radiación gamma.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En las plantas del género *Musa* existe esterilidad genética, debido a que las flores femeninas son altamente estériles y las flores masculinas no contienen polen viable. Por ello la forma de reproducción comercial que se realiza es a través de la propagación vegetativa que se obtiene a partir de los cormos o hijuelos.

Este problema de esterilidad hace complicado un programa de mejora convencional, por ello una forma de obtener variedades nuevas en este cultivo es mediante la aplicación de la mutagénesis. Para lo cual se utilizan sustancias que causen mutación en los callos de banano, como la radiación gamma. Teniendo en cuenta que es un proceso totalmente al azar, por lo cual una vez obtenidas las plántulas se establecen en campo y se les aplica un proceso de evaluación, comparando cada planta con un testigo (no mutado), para determinar si mutó favorablemente o no y así escoger el mejor individuo.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) a través del Programa de Biotecnología de la Estación Experimental Litoral Sur, logró poblaciones de individuos tratados con cobalto 60. Los cuales se establecieron en el campo y se evaluaron para determinar sus características agronómicas y su comportamiento frente a la sigatoka negra. Para de esta manera seleccionar un nuevo material de siembra que beneficie a los productores, reduciendo los costos de producción del cultivo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. Musáceas

Las musáceas es una familia rigurosamente tropical, de hierbas altas con pseudotallo formado con bases foliares unidas. La lámina de las hojas es muy grande, con nervio central muy desarrollado y los nervios secundarios en posición pinnada. Tienen inflorescencias grandes, con brácteas muy vistosas, las pistiladas con ovarios de tres celdas, las estaminadas con seis estambres fértiles, es concurrente que uno se convierta en estaminodio. El fruto es una cápsula o baya. Los bananos y plátanos son utilizados por sus frutos carnosos, sin contenido de semillas y el abacá por las fibras del pseudotallo (León, 2000).

2.1.2. Bananos, *Musa spp*

La nomenclatura de las musáceas de fruto comestible es muy confusa, tanto en los nombres comunes como técnicos. Los nombres corrientes en su mayoría son importados de África vía España hasta América Latina, contando también con algunos de origen local. Los más conocidos como, plátano, banano y guineo, tienen origen africano, los dos primeros coinciden parcialmente con sus equivalentes en inglés y francés (León, 2000).

2.1.3. Sección EUMUSA

EUMUSA es un grupo altamente complejo de banano y plátano que incluyen clones en cultivos distinguibles de las formas de semicultivo o silvestres. Los EUMUSA cultivados son diploides, triploides y tetraploides. En América tropical se cultiva principalmente los triploides, pero en los trópicos de Asia y Polinesia se presentan cultivares de las tres tipos. En los triploides se combina la esterilidad partenocarpia, es decir la producción de semilla, con los que determinan el crecimiento del fruto sin la necesidad de fecundación (León, 2000).

Las características favorables del fruto, unidas a las facilidades de su propagación vegetativa, han dispuesto que bananos y plátanos se hayan expandido por todos los trópicos y tengan aceptación universal. En las musas las plantas poliploides son más vigorosas y resistentes, con mayor producción y amplia adaptación (León, 2000).

2.1.4. Banano Cv. Williams

Es un triploide de *Musa acuminata* pura, es decir AAA, este es el principal grupo dentro de las musas por contener los clones comerciales más difundidos, como “Gros Michel” y los “Cavendish”. El grupo AAA tiene su origen en Malasia y por su alta calidad se extendió a todas las regiones tropicales en especial a las áreas húmedas y de suelo fértiles (León, 2000). Su taxonomía se explica en la Tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía del banano Cv. Williams

REINO	<i>Plantae</i>
DIVISION	<i>Magnoliophyta</i>
CLASE	<i>Liliopsida</i>
ORDEN	<i>Zingiberales</i>
FAMILIA	<i>Musáceas</i>
GENERO	<i>Musa</i>
ESPECIE	<i>acuminata</i>
GRUPO	Triploide AAA
SUBGRUPO	Cavendish
CLON	Williams

Fuente: Pro Ecuador, 2013.

2.1.5. Principales plagas y enfermedades del banano

El banano presenta problemas fitosanitarios que limitan su producción entre los más frecuentes que afronta el cultivo con relación a plagas y enfermedades se tiene: Virus del mosaico del pepino (CMV), virus del rayado del banano (BSV), nemátodos (*Rodopholus similis*, *Pratylenchus spp.* y *Meloidogyne spp.*), picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), y sigatoka negra (*M. fijiensis*), siendo esta última, la principal enfermedad responsable de grandes pérdidas económicas en la producción mundial (Barrios, 2006).

La sigatoka negra, causada por el hongo *M. fijiensis*, cuya taxonomía se muestra en la Tabla 2, es la enfermedad foliar que presenta la principal limitante en la producción de musáceas (banano y plátano) a nivel mundial. La enfermedad afecta el área fotosintética de la planta, en consecuencia, los frutos tienen un menor peso, comparados con los frutos de plantas sanas.

Adicionalmente las infecciones severas producen la madurez prematura del fruto dejándolo obsoleto para la comercialización (Álvarez, 2013).

Tabla 2. Taxonomía del agente causal de sigatoka negra

Reino	<i>Hongos</i>
División	<i>Ascomycota</i>
Subdivisión	<i>Pezizomycotina</i>
Clase	<i>Dothideomycetes</i>
Orden	<i>Dothideomycetidae</i>
Familia	<i>Mycosphaerellaceae</i>
Genero	<i>Mycosphaerella</i>
Especie	<i>M. fijiensis</i>

Fuente: MycoBank.org.

El patógeno es un hongo ascomiceto de propagación asexual y sexual. En la primera se generan esporas llamadas conidios y en las segundas se producen las ascosporas (Canché, 2012). Los conidios constituyen la fuente de infección a corta distancia, es decir se desplaza en la misma hoja y planta, pero muy difícilmente a plantas cercanas, mientras que las ascosporas se desplazan a través del viento, por la lluvia y el rocío de agua, las cuales son la principal fuente de infección a larga distancia (Manzo *et al.*, 2005).

Como producto de la gran capacidad reproductiva del hongo, éste ha alcanzado una amplia variedad genética y patogénica que le ha permitido adaptarse a diversas condiciones ambientales. Entre las variables agrometeorológicas que influyen en la germinación, penetración y éxito en la colonización de los tejidos internos y desarrollo de *M. fijiensis*, se encuentra la temperatura, la humedad relativa, el viento y la precipitación; las cuales definen la dinámica del inóculo y el impacto de la enfermedad en los rendimientos (Marín, 2003).

2.1.5.1. Ciclo de vida

El ciclo de vida mostrado en la Figura 1, inicia con la deposición sobre las hojas de las ascosporas o conidios del hongo. Bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y en presencia de agua libre en la superficie de la hoja, la germinación ocurre en una hora aproximadamente. La penetración a la planta está relacionada por el tiempo que dure la película de agua sobre la hoja y la humedad relativa del medio.

Este proceso de infección normalmente ocurre en un lapso de dos a tres días (García, 2010).

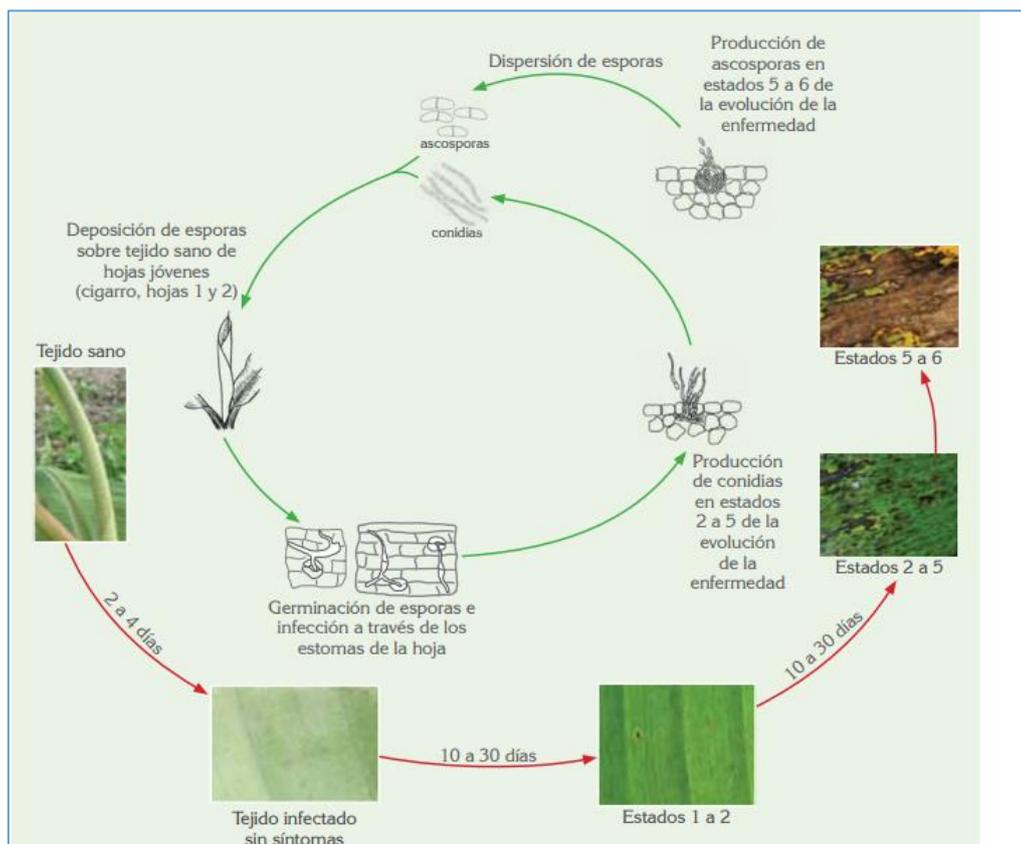


Figura 1. Ciclo patológico de la sigatoka negra en musáceas.

Fuente: Bennett y Arneson, 2003; Ganry *et al.*, 2012.

2.1.5.2. Síntomas de la sigatoka negra

Los síntomas de sigatoka negra varían de acuerdo con el estado de desarrollo de la planta, la susceptibilidad del cultivar y el grado de severidad de la enfermedad, presentando diferentes fases de desarrollo de síntomas a través del tiempo. Los primeros indicios de la enfermedad se presentan en el envés de las hojas. Inicialmente se observan pequeñas puntuaciones o decoloraciones visibles. Posteriormente, estas decoloraciones se convierten en pizcas café rojizas y son visibles tanto en el haz como en el envés (Orosco *et al.*, 2013).

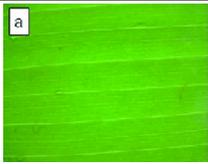
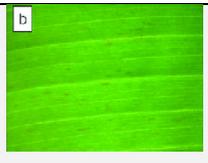
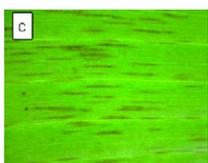
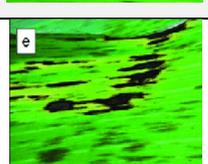
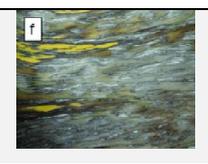
Con el tiempo, las pizcas se convierten en estrías, las cuales aumentan su grosor y longitud, pero mantienen su color. El primer síntoma en estado de mancha se presenta cuando la lesión cambia a café oscuro o negro, la cual después es rodeada por un halo amarillento. Finalmente, la mancha se deprime y se torna de color gris-blanco, observándose en ellas una

gran cantidad de pequeños puntos que corresponden a los cuerpos fructíferos llamados pseudotecios (Orosco *et al.*, 2013).

2.1.5.3. Monitoreo de la enfermedad

En la Tabla 3, se presente la escala para la evaluación de severidad de la sigatoka negra del banano, propuesta por Stover, modificada por Gahul (Bolaños, 2008).

Tabla 3. Escalas para la evaluación de severidad de la sigatoka negra

EFFECTOS	% DE HOJA DAÑADA	SÍNTOMAS	DESCRIPCIÓN	
0	0% sin síntomas	No presenta	Hoja completamente sana	
1	<1% rayas y/o hasta 10 manchas	Pequeñas lesiones o puntos de color blanco-amarillento, de 1 mm de longitud.	Denominadas pizcas, apenas visibles en el envés de la hoja.	
2	1-5% área foliar atacada	Rayas cafés	Rayas o estrías cloróticas de 3-4 mm de longitud por 1 mm de ancho, de color marrón.	
3	6-15%	Las rayas cafés se agrandan	Las rayas o estrías se alargan y amplían, sin borde definido y de color café, que logran alcanzar 2 cm de longitud.	
4	16- 33%	Manchas en las hojas	Manchas ovaladas de color café en el envés y de color negro en el haz.	
5	34-50%	Manchas negras rodeadas de un anillo negro.	En algunas ocasiones un halo amarillento y el centro seco y un poco hundido.	
6	>50%	Manchas con el centro seco y hundido.	Color marrón claro, rodeado de tejido clorótico	

Fuente: Bolaños, 2008.

A partir de esta escala de evaluación se puede determinar la hoja más joven enferma (HMJE) que es un indicativo del progreso de la enfermedad. También se obtiene el promedio ponderado de infección (PPI) que expresa la incidencia de la enfermedad en porcentaje. Para el cálculo del PPI se utiliza un proceso matemático, el cual consiste en multiplicar el número de hojas de cada grado por el correspondiente valor del grado. Cada resultado se suma y el total se divide entre el número de hojas.

Ejemplo. Promedio ponderado de infección (PPI)

$PPI = ((\text{total de hojas con grado } 0 \times 0) + (\text{total de hojas con grado } 1 \times 1) + \dots + (\text{total de hojas con grado } 6 \times 6)) / \text{Número de hojas.}$

$PPI = ((10 \times 0) + (2 \times 1) + (2 \times 2)) / 14 = 0.43$

2.1.5.4. Manejo de la sigatoka negra

Como práctica cultural y medida de prevención para esta enfermedad, se realiza un deshoje por lo menos cada 15 días, en donde se eliminan las hojas con más del 50% de daños provocados por el hongo, sin importar la posición que estas ocupen, esto para disminuir el foco de inóculo y mantener la plantación con buena aireación, de manera que la humedad relativa sea baja (Villeda, 2017).

La práctica de un manejo químico debe ser la última opción para afrontar una enfermedad, para lo cual existe una amplia gama de fungicidas los cuales se pueden clasificar en protectantes, que son utilizados en época seca, como lo es el ditiocarbamato y los sistémicos utilizados en época de lluvia, dentro de los cuales tenemos; benzimidazoles, propiconazoles, morfolinas, mancozeb, entre otros. Para este tipo de manejo se debe hacer una rotación en el ingrediente activo del fungicida, para así evitar que el patógeno mute y cree resistencia a los productos mencionados, así como también tener un control y registro de la aplicación, tanto en tiempo como en dosis del producto aplicado (Villeda, 2017).

2.1.6. Mutaciones

Son alteraciones o modificaciones del ADN de los individuos, que se pueden generar de forma espontánea es decir de manera natural, y de manera inducida mediante la exposición a agentes mutagénicos químicos o físicos (Manrique, 2012).

El ADN se replica con una precisión extraordinaria por ser una molécula fuertemente estable, aun así, se producen errores en su replicación, a eso se llama mutación, que se define como una transformación heredada en la información genética, donde los descendientes pueden ser células o individuos (Pierce, 2010).

2.1.6.1. Mutaciones naturales

Las mutaciones naturales consisten en alteraciones en el ADN, que se han venido acumulando desde inicios de la vida, en los organismos, lo que ha constituido la fuente de la evolución de millones de especies. Este tipo de variaciones puede producir mutaciones malas que ponen en desventaja a la especie preciada en relación con sus congéneres, pero podría también producir mutaciones buenas, que, en un medio ambiente cambiante en el momento pertinente, puede salvar a una especie de la extinción, por su puesto la tasa de este tipo de mutaciones es muy baja (Frankel, 2003).

2.1.6.2. Mutaciones inducidas

Existe un gran número de agentes que inducen mutaciones, las cuales se atribuyen a causas ambientales conocidas, estas pueden contrastarse con las mutaciones espontáneas, que nacen de manera natural durante el proceso de replicación del ADN. Los agentes que provocan mutaciones inducidas se denominan mutágenos (Carey, 2011).

Las mutaciones inducidas son aquellas provocadas por factores externos denominados mutágenos y pueden ser producidas por agentes físicos como radiaciones ionizantes, radiaciones no ionizantes y choque térmico y agentes químicos que atacan al ADN como el sulfato de cobre, ácido bórico, ácido fórmico, colchicina, uretano, etilmetanosulfanato, etc. (Mercadal, 2014).

Los rayos gamma al ser utilizados como agente mutagénico penetran los individuos tratados, al igual que los demás agentes mutagénicos físicos. Estos entran profundamente en los tejidos y generan cambios no puntuales como es translocaciones, rearrreglos en el ADN o rupturas cromosómicas. Estos juegan un papel en la mejora de rendimiento de los cultivos, la tolerancia al estrés (hídrico o climático) y un número de otros rasgos cualitativos y cuantitativos (Segura, 2016).

El mutagénico químico etilmetanosulfanato (EMS) es un agente alquilante que afecta el ADN que no se replica (Aguirre, 2015). El cual añade grupos alquilo (etilo) a las bases nitrogenadas. Esta sustancia es conocida por provocar mutaciones puntuales, mostrando a la vez, modificaciones en más de un carácter, eso debido a que las mutaciones que pueden ocurrir en diferentes loci (Segura, 2016).

2.1.7. Investigaciones realizadas con agentes mutágenos

La investigación realizada por Rodríguez (2016), en plantas de banano expuestas a rayos gama, para demostrar susceptibilidad contra sigatoka negra, demostró que las plantas con mutación tuvieron un mayor desarrollo en cuanto a altura y engrose del pseudotallo, permitió una mayor emisión foliar registrando un promedio de 9.1 hojas por planta a la parición y con un menor índice de severidad de ataque de sigatoka a las hojas más jóvenes referente al testigo, de tal manera que beneficia la calidad de la fruta.

Pedraza *et al.*, (2011), utilizó rayos gamma en nardo (*Polianthes tuberosa* L.) y evaluó las plántulas *in vitro* derivadas de tubérculos irradiados, y afirmó que las diferentes dosis de radiación empleadas si influyeron en las características evaluadas.

La metodología utilizada por Martín *et al.*, (2015), posibilitó obtener mutantes del cultivo “Zanzíbar” (AAB) con un porte bajo deseado, así como un rendimiento igual al cultivar donante, lo cual aportó conocimientos sobre la aplicación de mutagénesis *in vitro* con rayos gamma en los ápices meristemáticos, para la inducción de características deseables en los cultivos.

El uso de diferentes dosis de rayos gamma sobre semillas de arveja dio a conocer que el porcentaje de supervivencia a los 45 días después de la siembra, así como la reducción del tamaño de plantas, van en descenso conforme aumenta la dosis empleada del agente mutagénico (Basantes, 2013).

Burbano (2011) utilizó EMS para mejorar el carácter reproductivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), obteniendo como resultado alteraciones en el desarrollo vegetativo. En un cultivar de maní desarrollado a través de inyección de 0,3% de EMS en flores, pudieron desarrollar un cultivar de alto rendimiento (Wang *et al.*, 2014).

La aplicación de EMS en semillas de café (*Coffea arabica* L.), variedad Catuaí afectó al desarrollo óptimo de la semilla, ya que retrasó la germinación y emergencia, conforme aumenta la concentración de éste, también disminuyó la longitud aérea y de raíz (Segura, 2016).

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del experimento

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, con 2.223 mm de precipitación, 85% de humedad relativa y 898 horas sol.

3.2. Tipo de investigación

Se realizó una investigación de tipo experimental, mediante la evaluación de variables para seleccionar la/s plantas que presente/n mejores características agronómicas y resistencia o tolerancia a sigatoka negra en comparación con el testigo.

3.3. Métodos de investigación

Se empleó el método deductivo partiendo de información general existente en la literatura sobre los caracteres agronómicos del banano y la evaluación a sigatoka negra, para así determinar las mejores características y la incidencia de dicha enfermedad en el cultivo de banano.

3.4. Fuentes de recopilación de información

La fuente primaria de información dentro de la investigación se obtuvo mediante la observación directa y la medición de variables en campo, complementando con libros, revistas, publicaciones e internet.

3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó el protocolo empleado en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP en el 2013, para selección de árboles superiores de café (*Coffea canephora* Pierre) que considera cada unidad biológica como un individuo, por la diferencia que presentan estos cultivo se ajustó dicha metodología para realizar la evaluación.

El método establecido midió las variables de sanidad en ramas, hojas y frutos, las agronómicas como altura de planta y perímetro del tallo de acuerdo a las características del cultivo utilizado y las variables referentes a cosecha las midió en cereza. Para la posterior investigación se determinando niveles a cada variable y se categorizo los individuos. Se empleó una escala deseada, la cual se relacionó con la incidencia de sigatoka negra y las mejores características morfométricas.

Los individuos se evaluaron a partir del 1.8 m de altura, hasta el momento de la cosecha. Como se muestra en la Tabla 4, se asignó un nivel a cada variable siendo el nivel más alto el ideal y el más bajo el no deseado. Se usó la prueba t-student al 95% de probabilidad para comparar las características del testigo con los caracteres evaluados en cada uno de los tratamientos.

Para poder valorar y categorizar cada variable se usó la siguiente metodología, en el caso de la sigatoka negra primero se evaluó en campo con la escala de Stover que va de 0 a 6 como se mostró en la Tabla 3, posteriormente se determinó el PPI para determinar la incidencia de la enfermedad, con este valor se le asignó un nivel de acuerdo a las especificaciones de la tabla 4, para las variables posteriores se procedió de manera similar tomando en cuenta cada carácter por separado y asignándole niveles acorde a los valores obtenidos en campo.

Tabla 4. Escala de niveles asignados a cada variable evaluada y valorada. Donde el nivel más alto es el ideal y el más bajo el no deseado. 1). Malo, 2). Bueno, 3). Excelente.

Variables	Rangos	Niveles
Incidencia de sigatoka negra	1). >0.6 2). 0.57 – 0.6 3). 0.53 – 0.56 4). 0.50 – 0.52 5). 0.5 – 0.47 6). 0.46 – 0.43 7). 0.42 – 0.4 8). 0.39 – 0.37 9). 0.36 – 0.33 10). <0.33	1). 1 – 4 malo 2). 5 – 7 bueno 3). 8 - 10 excelente
Hojas más jóvenes con mancha	1). < a la hoja 5 2). Entre las hojas 5 y 6 3). Entre las hojas 7 y 8 4). Entre las hojas 9 y 10 5). > a la hoja 10	1). 1 – 2 malo 2). 3 – 4 bueno 3). 5 excelente

Tabla 4. Continuación...

Altura de planta	1). > a 4 m 2). Entre 3.51 y 4 m 3). Entre 2.51 y 3.5 m 4). Entre 2 y 2.5 m 5). < a los 2 m	1). 1 – 2 malo 2). 3 – 4 bueno 3). 5 excelente
Perímetro de pseudotallo	1). < a los 55 cm 2). Entre 55 a 67 cm 3). Entre 68 y 80 cm 4). Entre 81 y 93 cm 5). > de 93 cm	1). 1 – 2 malo 2). 3 – 4 bueno 3). 5 excelente
Numero de hojas en floración	1). < a 12 hojas 2). 12 hojas 3). Entre 13 y 14 hojas 4). 15 hojas 5). > a 15 hojas	1). 1 – 2 malo 2). 3 – 4 bueno 3). 5 excelente
Días de floración a cosecha	1). > a 80 días 2). De 74 a 80 días 3). De 67 a 73 días 4). De 60 a 66 días 5). < a 60 días	1). 1 – 2 malo 2). 3 – 4 bueno 3). 5 excelente
Numero de hojas a cosecha	1). < a la hoja 5 2). Entre las hojas 5 y 6 3). Entre las hojas 7 y 8 4). Entre las hojas 9 y 10 5). > a la hoja 10	1). 1 – 2 malo 2). 3 – 4 bueno 3). 5 excelente
Grado del fruto	1). Calibre de 39. 2). Calibre de 40	1). 1 bueno 2). 2 excelente
Peso neto del racimo	1). < a 10 kg 2). De 10 a 15 kg 3). De 16 a 22 kg 4). De 13 a 29 kg 5). > a 29 kg	1). 1 – 2 malo 2). 3 – 4 bueno 3). 5 excelente
Longitud del fruto	1). < a 7 pulg 2). De 7 a 7.5 pulg 3). De 7.51 a 8 pulg 4). De 8.01 a 8.5 pulg 5). > a 8.5 pulg	1). 1 – 2 malo 2). 3 – 4 bueno 3). 5 excelente

Fuente: INIAP 2013.

Una vez evaluada y valorada cada variable se sumaron los valores y dependiendo del puntaje obtenido se determinó si el individuo presentó caracteres favorables, para ello se utilizaron los siguientes rangos donde la categoría excelente abarca el rango desde 44 a 52, buena 35 a 43 regular, 26 a 34 y la mala < 25.

3.6. Especificaciones del experimento

El experimento cuenta con 1119 plantas sometidas durante un breve periodo de tiempo a diferentes dosis de rayos gamma que van de 20 a 120 GY (Gray), causándoles mutaciones y un testigo absoluto conformado por 10 plantas sin mutar, están sembradas a 3 m entre planta y 3 m entre hileras. El experimento no cuenta con repeticiones ya que cada planta es un individuo diferente y fue considerado como tratamiento.

3.7. Instrumento de investigación

3.7.1. Tratamientos estudiados

Se evaluó la resistencia o tolerancia a sigatoka negra y características agronómicas de 1119 plantas, cada una como un individuo diferente tomado como tratamiento, en comparación a 10 plantas no mutadas tratadas como testigo absoluto.

3.7.2. Manejo del experimento

Para el presente estudio se utilizó plantas de banano Cv. “Williams” del grupo Cavendish, mutadas con radiación gamma y plantas sin mutación, establecidas en campo en un lote experimental del INIAP. Para un adecuado manejo del experimento se realizó, deshoje cada 15 días, corona, deschante y deshije mensualmente, estos últimos antes de realizar la fertilización. En relación a la cosecha se efectuaron labores como enfunde, deschive, colocación de protectores y recolección de racimos con grado cada 8 días. Se le proporcionará riego por torres cada 8 días durante 2 horas en la época seca (noviembre-diciembre). El control de maleza se realizó manualmente cuando fue necesario.

Se empleó un programa de fertilización aplicando fertilizantes cada mes de acuerdo a las necesidades del cultivo, teniendo como base un análisis de suelo y los requerimientos nutricionales (Anexo 1,2, y 3). Para lo cual se usó fertilizantes edáficos, SFT, súper fosfato triple (46% de P_2O_5), NH_4SO_4 , sulfato de amonio (24 y 21 % de S y NH_4), $MgSO_4$, sulfato de magnesio (20 y 25 % de S y Mg), MK, muriato de potasio (60% de K_2O), urea (46 % N). Los cuales se mezclaron, y aplicación en media luna frente al hijo (Anexo 4).

3.8. Datos registrados

3.8.1. Incidencia de sigatoka negra

El registro de sigatoka negra se realizó cada semana, la lectura se tomó en el envés de las hojas (anexo 5), y se utilizó como referencia la escala de Stover modificada por Gauhl de 0 a 6 grados como se indica en la Tabla 3.

3.8.2. Hojas más jóvenes con mancha

Esta variable se obtuvo mediante la escala de Stover modificada por Gauhl luego de haber obtenido la incidencia de la enfermedad foliar sigatoka negra.

3.8.3. Altura de planta (m)

Esta variable se la registró una vez que en las plantas había emergido la bellota y con la ayuda de una regla de madera se tomó este dato desde el suelo hasta el pedúnculo de la inflorescencia (Anexo 6).

3.8.4. Perímetro del pseudotallo (cm)

Una vez que en las plantas había emergido la bellota se midió la circunferencia del pseudotallo a los 50 cm de altura referente al suelo con la ayuda de una cinta métrica (Anexo 7).

3.8.5. Número de hojas en floración

Se contabilizó el número de hojas funcionales en cada una de las plantas al momento de la parición.

3.8.6. Días de floración a cosecha

Se registró el día de la floración y el de la cosecha para así determinar el tiempo que tardó el fruto en desarrollarse.

3.8.7. Número de hojas a cosecha

Se contabilizó el número de hojas existentes en cada planta al momento de la cosecha.

3.8.8. Grado del fruto (calibre)

Con la ayuda de un calibre se tomó el grado del dedo central de la última mano. Esto se realizó con un día de anticipación a la cosecha.

3.8.9. Peso neto del racimo (kg)

Se pesó cada racimo con una balanza para obtener su peso en kilogramos, se desmano y se pesó su ratio, luego se restó el peso del ratio al peso bruto del racimo para así obtener esta variable (Anexo 8).

3.8.10. Longitud del fruto (pulg)

Este dato se registró en el dedo central de la última mano con la ayuda de una regla metálica flexible. Este dato se expresa en pulgadas (Anexo 9).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Incidencia de sigatoka negra

Los promedios correspondientes de las evaluaciones a incidencia de sigatoka negra, realizado en las plantas mutantes y el testigo se presentan en la Figura 2, demostrando que no difieren estadísticamente.

La planta mutante 1082 presentó la menor incidencia a la enfermedad con un 0,38% y un nivel de 8 (Excelente), el testigo mostró un promedio de 0,59% y un nivel de 2 (Malo). Se presentaron mutantes con promedios de infección entre 0,39 y 0,47 y niveles que varían de 5 a 8.

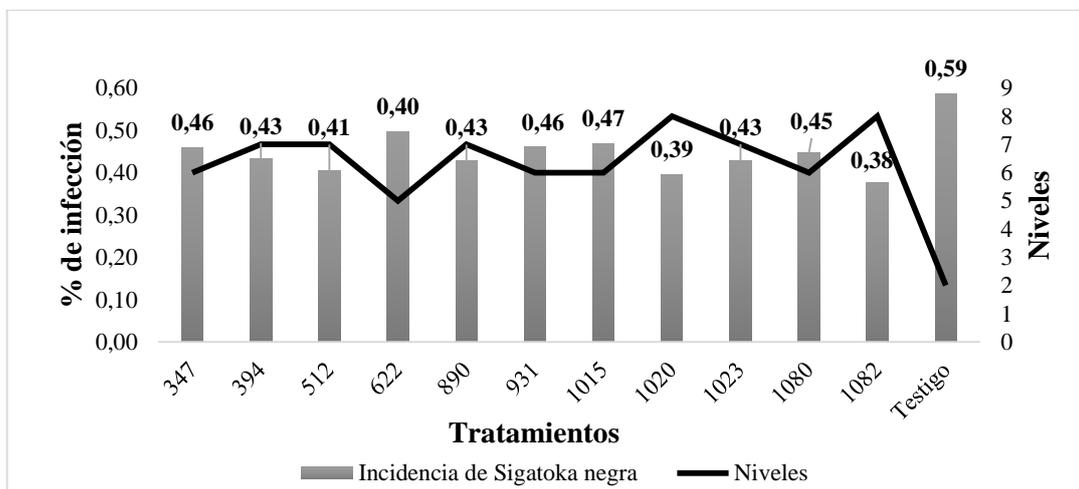


Figura 2. Promedios de las evaluaciones de incidencia de sigatoka negra en plantas mutantes

4.1.2. Hoja más joven con mancha

En la Figura 3, se presentan los promedios de las evaluaciones de hoja más joven con mancha. La prueba t student determinó que las plantas mutantes no difieren estadísticamente del testigo.

Las plantas mutantes 347, 394, 890, 1023, 1080, 1082 y 1015 presentaron síntomas de sigatoka negra en la quinta hoja al igual que el testigo siendo esta la más joven en presentar la enfermedad, por lo cual obtuvieron un nivel de 2 considerado como malo, por otra parte,

las plantas 512, 622, 931 y 1020 con el mismo nivel, manifestaron el patógeno en la cuarta hoja.

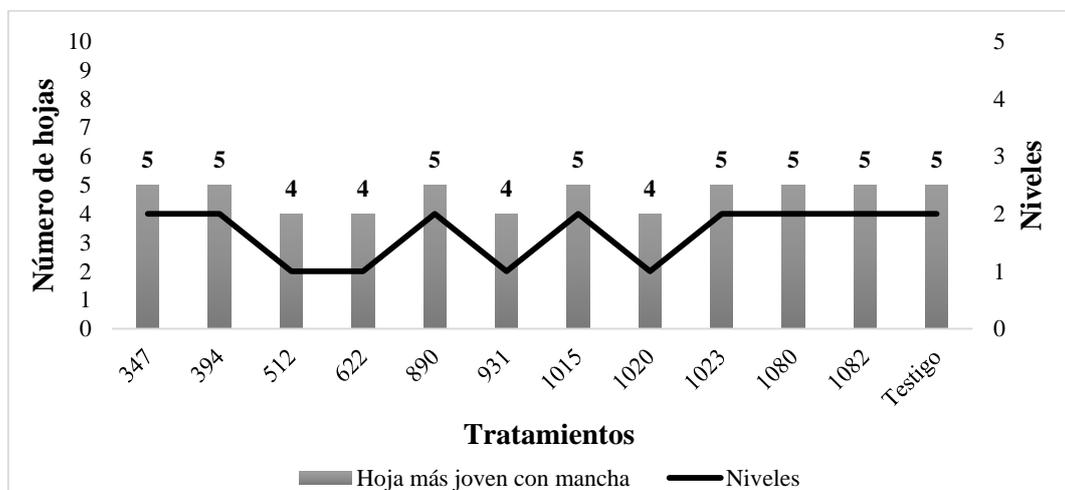


Figura 3. Hoja más joven en presentar síntomas de sigatoka negra entre los tratamientos.

4.1.3. Altura de planta a la floración (m)

Los promedios de altura de planta a la floración se presentan en la Figura 4, la prueba t student demostró que plantas con el mismo nivel del testigo no difieren estadísticamente y plantas con niveles superiores al testigo difieren estadísticamente. La planta 394 presentó una menor altura con un valor t de 0,003, un total de 2,83 m y un nivel de 3 en comparación al testigo que alcanzó 3,53 m de altura y un nivel de 2. Por otra parte, las plantas 890 y 622 que presentaron valores T superior a 0,05 difieren estadísticamente del testigo.

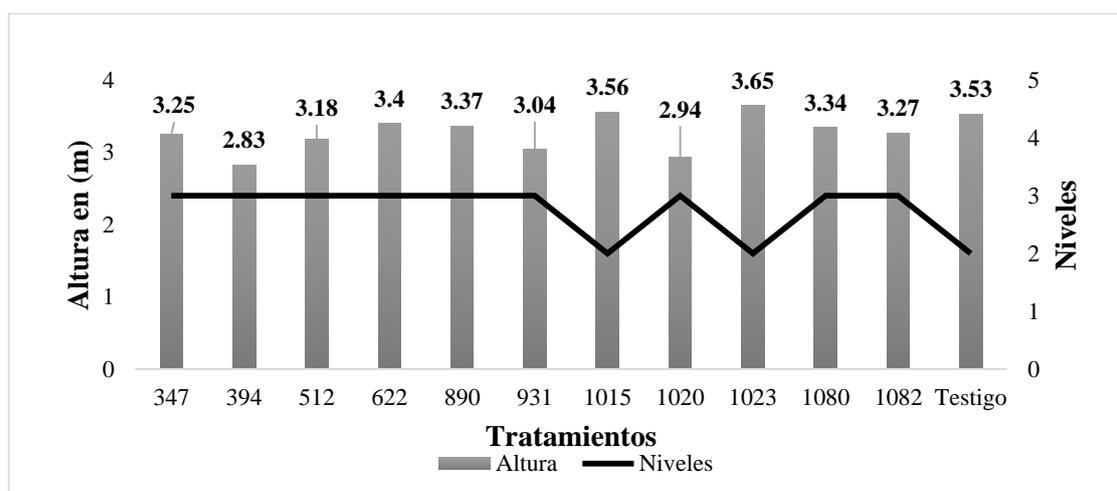


Figura 4. Altura que presentaron las plantas de banano mutadas con rayos gamma al momento de la floración.

4.1.4. Perímetro del pseudotallo (cm)

Los promedios, perímetro del pseudotallo se presentan en la figura 5, a través de la prueba estadística t student se demostró que las plantas que reflejaron niveles de 4 no difieren estadísticamente del testigo, las que presentaron niveles de 3 presentaron diferencia estadística en comparación con el testigo.

El testigo y la planta 622 obtuvieron el mayor perímetro con 96 cm, alcanzando el nivel máximo, las plantas 1020 y 1082 presentaron los valores más bajos 72 y 74 cm, respectivamente, las demás plantas mutantes seleccionadas obtuvieron perímetros que varían entre los 81 y 89 cm.

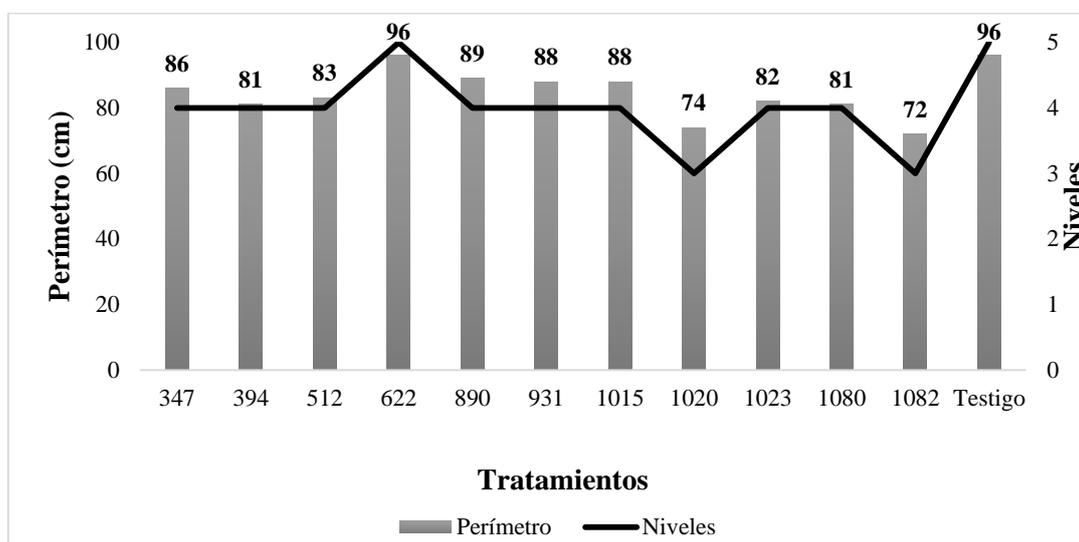


Figura 5. Perímetro del pseudotallo correspondientes a las plantas mutadas con los mejores niveles obtenidos.

4.1.5. Número de hojas en floración

En la figura 6. Se presentan los promedios del número de hojas al momento de la floración de las 11 plantas seleccionadas obteniendo todas un nivel de uno, sin embargo las plantas con 7 hojas, presentan significancia estadística contra el testigo que presentó 9 hojas funcionales al momento de la floración.

El número de hojas presentes en el momento de la floración fue inferior a 12 por lo cual fue considerado malo de acuerdo a la tabla 4, el testigo presentó 9 hojas al momento de floración

al igual que los mutantes 890 y 101, las demás plantas seleccionadas presentaron entre 6 y 8 hojas funcionales, reflejando valores t entre 0,017 y 0,11.

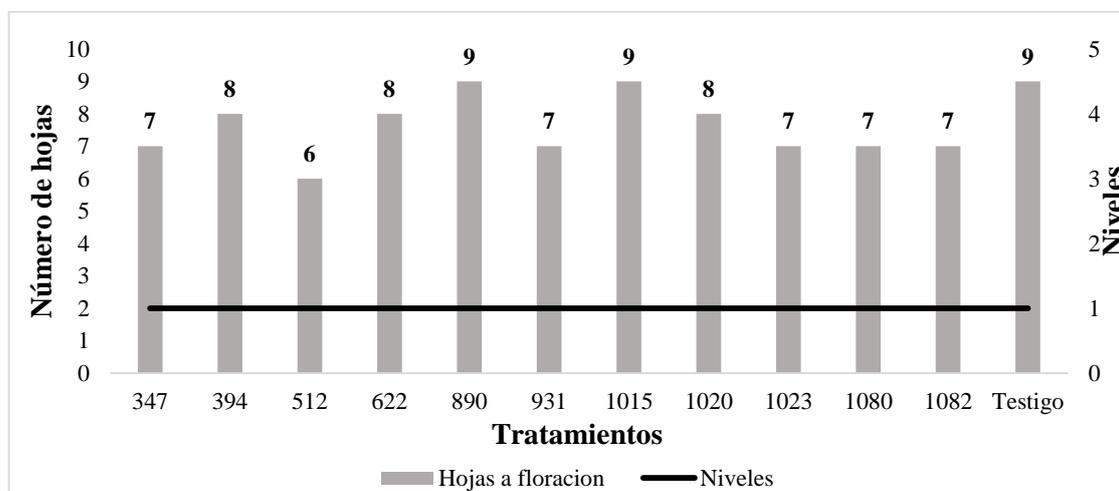


Figura 6. Número de Hojas funcionales al momento de la floración de cada tratamiento.

4.1.6. Días de floración a cosecha

Los datos días de floración a cosecha se presentan en la Figura 7, luego de realizada la prueba t student se demostró que las plantas con niveles 2-3 demoraron más días en desarrollar el fruto teniendo diferencia estadística con las de nivel 4, que no presentaron diferencia estadística. El testigo y las plantas 1082 y 512, tuvieron un promedio de 63 días, mientras que las demás plantas presentaron valores entre 70-79 días desde la floración hasta la cosecha siendo calificados con niveles entre 2-3.

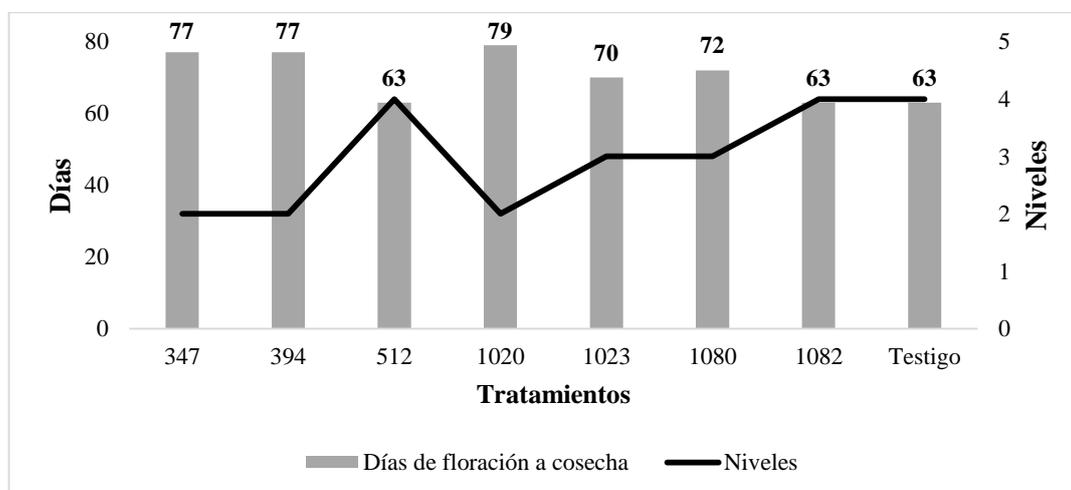


Figura 7. Cantidad de días desde el momento de la floración hasta la cosecha en cada planta.

4.1.7. Número de hojas a cosecha

Para determinar el número de hojas a cosecha se contabilizaban las hojas funcionales al momento de la cosecha. Tanto el testigo como las plantas mutadas no presentaron hojas al momento de la cosecha, obteniendo el nivel 1 calificado como “malo”.

4.1.8. Grado del fruto (calibre)

El grado para cosechar el banano fue de 39 (nivel 1) y 40 (nivel 2) mm en el dedo central de la última mano, la planta 1082 presentó nivel 2 de calibre calificado como “Excelente”, el testigo y las plantas 347, 394, 512, 1020, 1023 y 1080 obtuvieron nivel 1 “Bueno”, las demás plantas que no alcanzaron el calibre establecido no fueron incluidas en la valoración de variables de cosecha.

4.1.9. Peso neto del racimo (kg)

La Figura 8, presenta los datos obtenidos del peso neto del racimo, en el cual demuestra que plantas con niveles de calificación 4 tienen diferencia estadística frente al testigo con un valor t de 0.01. Las plantas 367 y 1023 obtuvieron un nivel de 4, presentando un peso neto de 25.5 kg, mientras que el testigo tuvo calificación 3 pesando 22 kg, las demás plantas estuvieron entre los 10 y 21 kg.

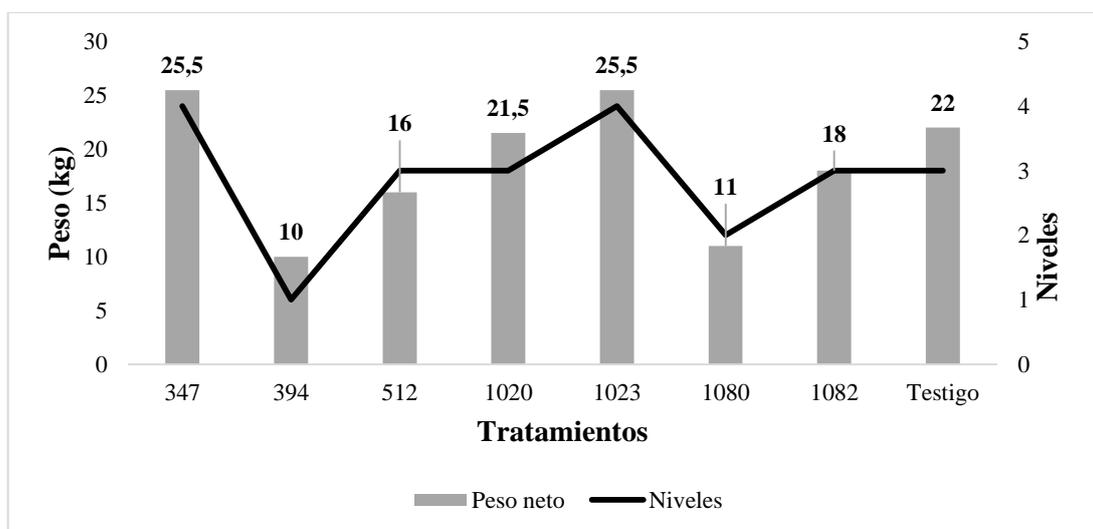


Figura 8. Peso neto del racimo de cada tratamiento cosechada y pesado, luego de restar el peso bruto del racimo menos el peso del ratio.

4.1.10. Longitud del fruto (pulg)

Según la Tabla 4, el nivel 2 alcanzado por el testigo en la longitud del dedo se considera malo, al igual que los valores y niveles que están por debajo de este, plantas con niveles superiores, cuentan con mayor longitud sin diferir estadísticamente del testigo.

El testigo obtuvo una longitud de 7.28 pulg como se muestra en la Figura 9, a diferencia de las plantas 1082 y 347, que presentaron longitudes de 7.87 y 7.48 respectivamente, por otra parte las plantas 349 y 1023 con un nivel mayor 4 y una longitud superior a 8 pulg.

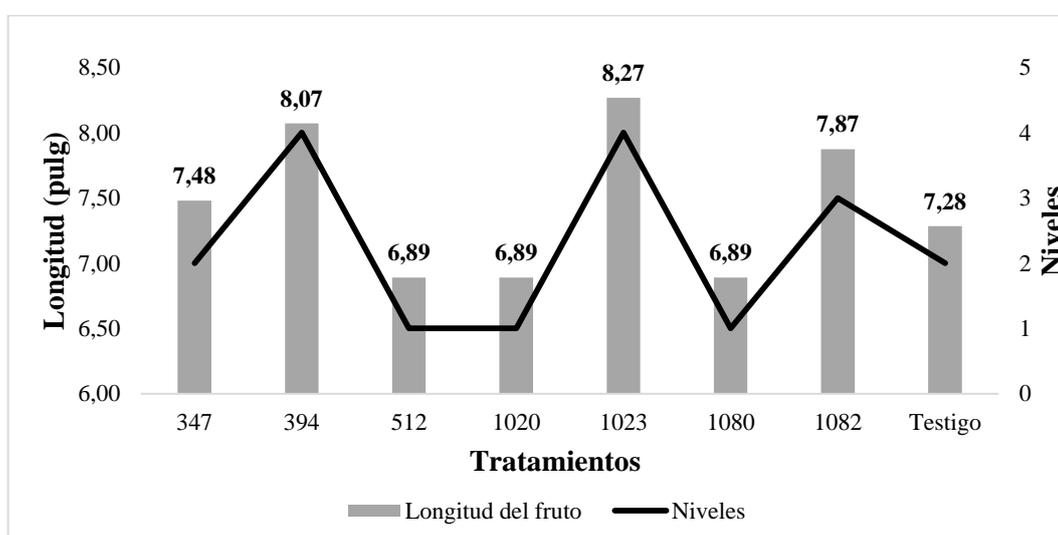


Figura 9. Longitud del dedo central de la última mano de los racimos cosechados de las plantas mutadas con rayos gamma.

4.1.11. Plantas con los mejores rangos obtenidos

Dentro del lote experimental se pudo seleccionar 11 plantas que obtuvieron las mejores características morfométricas hasta el momento de la floración, de las cuales 4 no llegaron al calibre deseado para realizar tabulaciones de los datos de cosecha como se muestra en la Figura 10.

Hasta el momento de floración las plantas que presentaron las mejores características y niveles fueron la 394, 890 y 1082 obteniendo el rango más alto 17 a diferencia del testigo que alcanza un rango de 12, las demás obtuvieron rangos de 15 y 16. Ninguna planta presentó diferencia estadística pues el valor t student fue mayor a 0.05.

Según la Tabla 5, La planta 1082 con un rango de 29 se considera “Regular” y el testigo con un valor de 22 “malo” por otra parte la planta antes mencionada obtuvo el total más alto sin diferir estadísticamente del testigo, las demás plantas presentaron promedios entre 23 y 28. A diferencia de las plantas 622, 890, 931 y 1015 que se quedaron con el total obtenido hasta el momento de la floración que varía entre 17 y 15 a diferencia del testigo que presentó un valor de 12, por ello se consideraron plantas regulares con características morfológicas deseables.

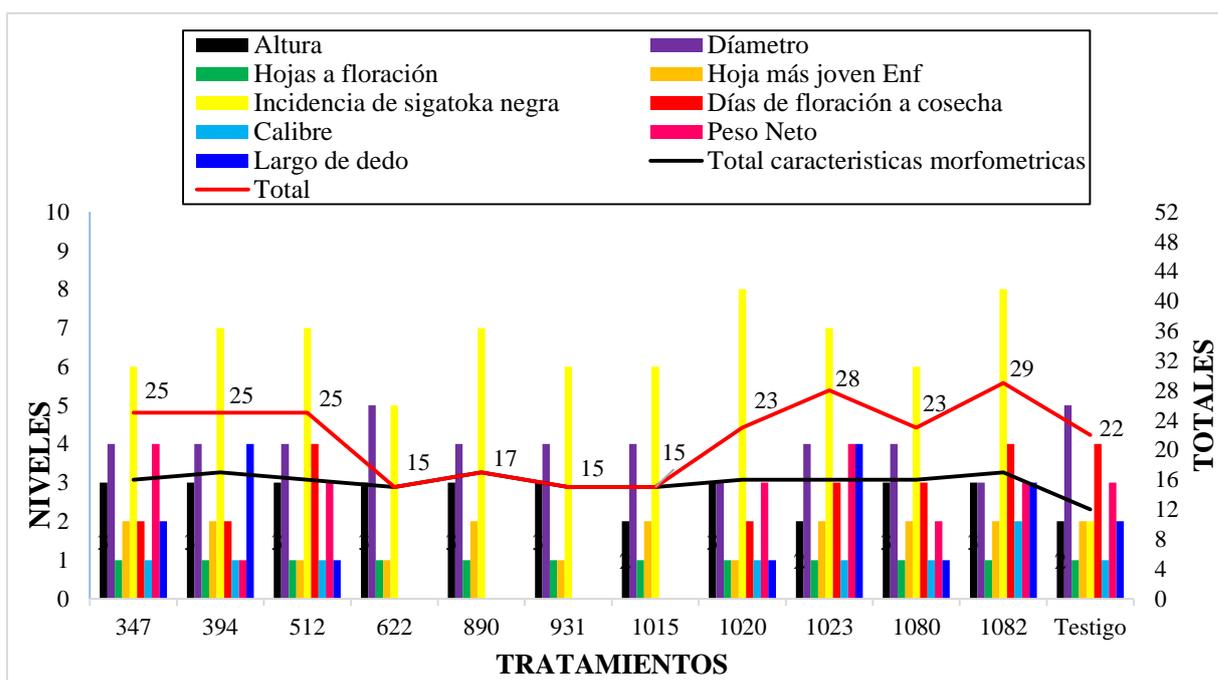


Figura 10. Plantas de banana tratadas con rayos gamma seleccionadas con los mejores rangos obtenidos.

4.2. Discusión

Se utilizó material genético de musáceas pertenecientes al subgrupo Cavendish del clon William, por ser uno de los materiales más cultivados en el medio y el mundo, debido a la resistencia de ciertas enfermedades y su gran aceptación en los mercados internacionales. Según Dale *et al.*, (2017), *Cavendish* representa más del 40% de la producción mundial de banano y domina completamente el mercado de exportaciones, lo que equivale al 15% de la producción mundial.

Este material por ser un triploide (AAA) presenta flores estériles, no produce semillas y su reproducción es totalmente asexual, Montoya (2002) menciona que la propagación en banano es fundamentalmente asexual por ser una planta que no contiene semilla para poder ser reproducidas. Por esto se utilizó un agente para inducir mutación (rayos gamma), el cual según Segura (2016), genera cambios no puntuales como translocaciones, rearrreglos o rupturas cromosómicas.

Se empleó la metodología propuesta por Stover y modificado por Gauhl en 1989 para determinar la incidencia de la enfermedad foliar sigatoka negra en cada uno de los tratamientos, debido a la eficacia del método. Betancourt (2005), menciona que la evaluación de incidencia y severidad por medio de la metodología de Stover modificada, permite obtener información bastante detallada de la situación sanitaria de una plantación bananera. Asimismo, Calle y Yangali (2014), afirman quedarse con esta metodología para evaluar la sanidad de una plantación por su fácil utilización y la obtención de resultados muy puntuales.

Según Rodríguez (2016), las plantas en estudio fueron tratadas con dosis de radiación gamma que varían entre 20 y 120 GY, dicha dosis empleadas aseguran la mutación de los individuos tratados. Estos individuos al ser evaluados estadísticamente no presentaron menor incidencia de la enfermedad foliar sigatoka negra en comparación con el testigo ya que obtuvieron valores t superior a 0,05, también el testigo como las plantas mutadas presentaron síntomas de la enfermedad en la quinta hoja, demostrando así que la mutación no afectó los genes relacionados a la resistencia. Contrariamente a lo que Predieri, (2001), indica que al utilizar la mutagénesis se puede llegar a alterar la resistencia en patógenos. Por ello Ortiz *et al.*, (2002), utilizó la transformación genética para obtener plantas de banano transgénico resistente a sigatoka negra, utilizando el plásmido pHAGG (CINVESTAV)

constituido por el gen reportero uid A de la b-glucuronidasa, el gen marcador hph con resistencia a higromicina y los genes de la b-1.3 glucanasa y quitinasa (clase I de tabaco) como inductores de resistencia a *M. fijiensis*. Además, la FAO (2014), indica que toda técnica de mutación en plantas debe enfocarse en obtener resistencia a enfermedades del cultivo tratado.

La altura y perímetro del pseudotallo se vio afectado por el agente mutagénico ya que se pudo obtener una planta baja con un buen pseudotallo, de las 11 plantas que presentaron los mejores totales la 394 reflejo estas características a diferencia del testigo que reflejo valores mayores en ambos aspectos, lo que concuerda con la investigación realizada por Basantes (2013), quien uso rayos gamma sobre semillas y afirmó que el tamaño se ve afectado en plantas procedentes de semillas irradiadas. Al momento de la floración las plantas mutadas presentaron entre 6 y 9 hojas funcionales, debido a que no existió tolerancia y mucho menos resistencia a sigatoka negra.

En lo relacionado a los días que tardo el fruto desde el momento de la floración hasta la cosecha, las plantas mutadas presentaron un incremento de 9 y 14 días más que la planta testigo, lo cual puede relacionarse directamente al agente mutagénico empleado o a las condiciones del cultivo (clima y manejo), así como también a la carencia de hojas, los resultados obtenidos se equiparan a la investigación realizada por Burbano (2011) quien empleó un agente mutagénico sobre plantas y obtuvo como resultado alteraciones en el desarrollo vegetativo.

Por otra parte tanto el testigo como las plantas mutadas no presentaron hojas funcionales al momento de la cosecha, esto por la poca cantidad de hojas presentes al momento de la floración, sin embargo el testigo y 9 de las 11 plantas seleccionadas alcanzaron el calibre requerido, alargando el periodo de llenado de fruto por la falta del área foliar, el peso neto del racimo mostró significancia estadística entre el testigo y los tratamientos 347 y 1023, también se apreció que la longitud del dedo no difirió estadísticamente, entre testigo y tratamientos. Pedraza (2011), afirma que los rayos gamma si influyen en ciertas características de los individuos tratados.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las plantas mutadas con radiación gamma presentaron entre 0,38 y 0,49% de incidencia de sigatoka negra, estadísticamente igual al testigo que presento una incidencia de 0,59%.
- De las plantas de banano Cv. Williams mutadas con radiación gamma, las que presentaron mejores características de altura y perímetro del pseudotallo fueron la 347, 394, 512, 622, 890, 931, 1015, 1020, 1023, 1080 y 1082 con alturas entre 2,83 y 3,65 m y perímetros de 72 a 96 cm.
- La mutación con radiación gamma beneficio a la planta 1023 mejorando el peso neto del racimo con 3,5 kg y aumentando la longitud de los dedos con 0,99 pulg en comparación con el testigo.

5.2. Recomendaciones

- Utilizar las plantas seleccionadas y brindarles un buen manejo agronómico para determinar si obtuvieron una mayor capacidad de producción.
- Mutar otras variedades de banano con rayos gamma y evaluarlas por separado, comparándolas con un testigo para así obtener un nuevo material de siembra que presente mejores características que los materiales ya conocidas.
- Utilizar otros agentes mutagénicos para mutar plantas de banano y determinar mediante la evolución si se obtuvo un nuevo material con caracteres beneficiosos para los productores.
- Realizar un secuenciamiento a las 11 plantas seleccionadas y al testigo para observar los cambios presentes en el ADN por la acción de los rayos gamma.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Aguirre, D. (2015). Mutaciones y agentes Mutagenicos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. UNNE. Argentina.
- Álvarez, E. (2013). La sigatoka negra en platano y banano. Centro de internacional de agricultura tropical (ciat), Cali, co. 1 plegable.
- Arias, E. (2014). Estudio financiero para la producción de banano (*Musa sapientum*), en Pueblo viejo, los Ríos, Ecuador, 34.
- Barrios, M. (2006). Estudio de hongos endófilos como inductores de Resistencia para el control de sigatoka. Costa Rica. Pág. 5
- Basantes, C. (2013). Iasa ingeniero agropecuario autor: Álvarez Erazo, Pablo Alejandro tema: evaluación fenotípica de dos generaciones de plantas de arveja (*Pisum sativum* L) provenientes de semillas irradiadas con rayos gamma.
- Bennett, R., y Arneson, P. (2003). Black sigatoka. The Plant Health Instructor. Online DOI, 10.
- Betancourt, G. (2005). La “Sigatoka negra” del banano y platano. Obtenido de http://www.infoagro.net/sites/default/files/migrated_documents/attachment/4Sigatoka_negra.
- Bolaños, L. (2008). Biología, Diagnóstico y Manejo de la sigatoka Negra del plátano. Mexico. Pág. 95
- Burbano, A. (2011). Caracterización fenotípica y genética de mutantes EMS de tomate (*Lycopersicum esculentum* L), 34
- Calle, H., y Yangali, J. (2014). La sigatoka negra en el Ecuador. Ecuador. Pág. 50.

- Carey, J. (2011). Genética médica. En J. Carey, Genética médica (págs. 33-37). Barcelona: El sevier España, S. L. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=_jnB4wq7VQC&pg=PA37&dq=tipos+de+mutagenos+y+como+causan+mutaciones&hl=es&sa=X&ei=ZWVVYuDGYKFyQSGuIKwAQ&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=tipos%20de%20mutagenos%20y%20como%20causan%20mutaciones&f=false
- Dale, J., James, A., Paul, J., Khanna, H., Smith, M., Peraza, S., Garcia, F., Kema, G., Waterhause, P., Mengersen, K., y Harding, R. (2017). Transgenic Cavendish bananas with resistance to Fusarium wilt tropical race 4. *Nature Communications*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01670-6>
- FAO. (2014). Agricultura sostenible: una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en America Latina y el Criebe. Fao, 48. Obtenido de <https://www.fao.org/3/a-i5754s>.
- Frankel, E. (2003). DNA el proceso de la vida. En E. Frankel, DNA el proceso de la vida (págs. 85-88). México: Siglo XXI editores, S. A. de C. V. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=jRJIzwU150IC&pg=PA88&dq=mutaciones+naturales&hl=es&sa=X&ei=eMUVcanBsKqNsO1grAL&ved=0CDYQ6AEwBQ#v=onepage&q=mutaciones%20naturales&f=false>
- Ganry, J., Fouré, E., Bellaire, L., y Lescot, T. (2012). Un enfoque integrado para controlar la enfermedad de la raya de la hoja negra (BLSD) de los plátanos, al tiempo que reduce el uso de fungicidas y el impacto ambiental. En *Fungicidas para enfermedades de plantas y animales*. IntechOpen.
- García, G. (2010). Evaluación del comportamiento de doce cultivares de *Musa* spp. inoculadas con *Mycospharella fijiensis* Morelet. agente causal de la sigatoka negra. Manabi.
- INIAP. (2013). Informe anual del programa de banano y platano. Repositorio Iniap,: 7

- León, J. (2000). Botánica de los Cultivos Tropicales. San Jose, Costa Rica. 3era Edición, Pag. 461-463.
- Manrique, A. (2012). biologiamolecular. Obtenido de <http://biologiamolecular-miguel.blogspot.com/2012/04/importancia-de-las-mutaciones-en-la.html>
- Manzo, G., Salvador, G., Rodríguez, C., James, A., y Orozco, M. (2005). Biología de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su Interacción con *Musa* spp. Revista Mexicana de Fitopatología, 2.
- Marín, D., y Romero, R. (1998). El combate de la sigatoka negra. Revista corbana. San José. Costa Rica. Pág. 104-129.
- Martín, J., López, J., Rodríguez, S., Medero, V., González, L., Ventura, V., Reinaldo, D., Torres, M., Montano, N., Gálvez, J., Oliva, M., y Triana, O. (2015). Obtención de mutantes de porte bajo por irradiaciones en el cultivar ‘zanzíbar’ (*Musa* spp., grupo AAB). Agricultura Tropical, 1(1).
- Mercadal, I. (2014). www.mendoza-conicet.gov.ar. Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Mutacion.htm>
- Montoya, W. (2002). Importancia de la propagación asexual. Quito, Ec. Consultado 23 de julio. 2012. Obtenido de <http://www.sica.gov.ec/agro/docs/propagación.htm>
- Ortiz, J., Gómez, M., Vásquez, N., y Aguilar, M. (2002). Transformación genética de banano (cv. Gran Enano) y plátano (cv. Curraré) para introducir resistencia a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). XV Reunión Internacional Acobat. Cartagena de Indias, Colombia. pp, 49, 53.
- Pacheco, A. (2015). “Detección temprana de mutantes de banano tolerantes o resistentes a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en condiciones de vivero”. Babahoyo.

- Pedraza, S., Estrada, J., De la Cruz, T., Martínez, P., Sáenz, C., y Morales, J. (2011). Efectos de rayos gamma 60 en nardo (50, 445-458).
- Pierce, B. (2010). Genética: Un enfoque conceptual. En B. Pierce, Genética: Un enfoque conceptual (pág. 472). Madrid: Médica Panamericana S. A. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=ALR9bgLtFhYC&printsec=frontcover&dq=%22Gen%C3%A9tica%22.+Ed.+Revert%C3%A9+S.A.+1982.&hl=es&sa=X&ei=MlyUVZGqKMulNry0kqAI&ved=0CC8Q6AEwAzgU#v=onepage&q&f=false>
- Predieri, S. (2001). Mutation induction and tissue culture in improving fruits. *Plant cell, tissue and organ culture*, 64(2-3), 185-210.
- Pro Ecuador. (2013). Análisis del Sector Banano. Instituto de Promoción de Exportaciones e inversiones, Dirección de inteligencia Comercial e Inversiones, Ecuador.
- Rodríguez, A. (2016). Susceptibilidad de banano Cv. Williams a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) sometido a diferentes dosis de rayos gamma. Quevedo. UTEQ. 74 p.
- Salazar, D., Cuichán, M., Ballesteros, C., Márquez, J, y Orbe, D. (2017). Encuesta de Superficie y producción Agropecuaria continua, 17.
- Segura, C. (2016). Generación de un protocolo para inducir variantes genéticas en café (*Coffea arabica* L.) mediante inducción de mutaciones con el uso de agentes químicos. Costa Rica: Tesis.
- Villeda, R. (2017). Manejo cultural y orgánico de sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) en vivero de banano; Izabal
- Wang, C., Wang, X., Tang, Y., Zhang, J., Chen, J., y Yang, X. (2014). Huayu 40, a groundnut cultivar developed through EMS mutagenesis, (diciembre 2011).

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1. Reporte de análisis de pH y micro elementos presentes en el suelo.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

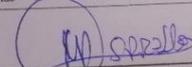
DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO				
Nombre :	Estación Experimental Tropical Pichilingue			Nombre :	Lote Las Tecas			Cultivo Actual :				
Dirección :	km 5 Vía Quevedo El Empalme			Provincia :				N° Reporte :	008			
Ciudad :	Quevedo			Cantón :				Fecha de Muestreo :	06/04/2015			
Teléfono :	052783044 Ext.201			Parroquia :				Fecha de Ingreso :	13/04/2015			
Fax :				Ubicación :				Fecha de Salida :	29/10/2018			

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm					meq/100ml					ppm				
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B				
74674	Muestra i		5,9 MeAc	15 B	35 A	1,40 A	12 A	2,4 A	7 B	6,5 M	8,9 A	252 A	5,5 M	0,11 B				

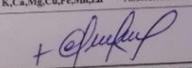


La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH				Elementos: de N a B		pH	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger Acido	LAl = Liger Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	N,P,B	Olsen Modificado	
Ac = Acido	PN = Pnac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio	S	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
MeAc = Media Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	Fosfato de Calcio Monobásico	
						BS	



RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS



RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 2. Reporte de análisis de materia orgánica, macro elementos y clase textural del suelo.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

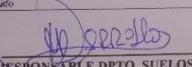
DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO				
Nombre :	Estación Experimental Tropical Pichilingue			Nombre :	Lote Las Tecas			Cultivo Actual :				
Dirección :	km 5 Vía Quevedo El Empalme			Provincia :				N° de Reporte :	008			
Ciudad :	Quevedo			Cantón :				Fecha de Muestreo :	06/04/2015			
Teléfono :	052783044 Ext.201			Parroquia :				Fecha de Ingreso :	13/04/2015			
Fax :				Ubicación :				Fecha de Salida :	29/10/2018			

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca		Mg	Ca+Mg	meq/100ml		(meq/l)½	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na			Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl			Arena	Limo	Arcilla	
74674					3,8 M	5,0	1,71	10,29	15,80					38	48	14	Franco

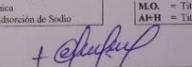


La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
C.E.				M.O. y Cl		C.E.	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo	M = Medio	C.E.	Conductometría	
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio	A = Alto	M.O.	Titración de Walkley Black	
T = Tóxico					RAS	Titración con NaOH	
						Al+H = Titración con NaOH	



RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA



RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 3. Plan de fertilización enfocado a las necesidades del cultivo de banano estudiado.

PLAN DE FERTILIZACIÓN PARA CULTIVO DE BANANO
 EMPRESA: Programa de Babano y Plátano EETP
 DENSIDAD: 1300 PLANTAS POR HECTÁREA
 LOCALIZACIÓN: Quevedo
 FECHA: OCTUBRE 31 DE 2018

Fertilizantes	Aplicaciones												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	kg/ha												
Urea	80	80	60	60	60	60	60	100	100	100	100	100	960
SFT	35	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	65
NH4SO4	0	0	30	0	0	0	30	0	0	40	0	0	100
MgSO4	10	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	110
MK	50	50	50	50	50	75	75	100	100	100	100	100	900
SUMA	175	130	160	110	130	165	185	200	260	200	220	200	2135

Fertilizantes	Aplicaciones												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	g/planta (DENSIDAD DE 1300 PLANTAS ha ⁻¹)												
Urea	62	62	46	46	46	46	46	77	77	77	77	77	431
SFT	27	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	23
NH4SO4	0	0	23	0	0	0	23	0	0	31	0	0	31
MgSO4	8	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	46
MK	38	38	38	38	38	58	58	77	77	77	77	77	442
SUMA	135	100	123	85	100	127	142	154	200	154	169	154	973

SFT, Super fosfato triple (46% de P2O5)
 NH4SO4, Sulfato de amonio (24 y 21 % de S y NH4)
 MgSO4, Sulfato de magnesio (20 y 25 % de S y Mg)
 MK, Muriato de potasio (60% K₂O)

Anexo 4. Fertilización de las plantas de banano en media luna frente al hijo.



Anexo 5. Registro de la incidencia de sigatoka negra en cada tratamiento por separado.



Anexo 6. Registro de la altura de planta al momento de la floración.



Anexo 7. Registro del perímetro del pseudotallo.



Anexo 8. Registro del peso del racimo en kg.



Anexo 9. Registro de la longitud del dedo central de la última mano del racimo.

