

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción.**

Manejo alternativo de Sigatoka negra, utilizando
biofertilizantes, en plantaciones comerciales de banano
Cavendish, variedad Williams, cantón Taura.

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Presentada por:

Luis Fernando Maura Pazmiño.

GUAYAQUIL – ECUADOR.

ANO: 2007

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente en la Ing. Marial Isabel Jiménez Directora de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A DIOS.

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS PROFESORES

AL CIBE.

A LOS TRABAJADORES.

TRIBUNAL DE GRADUACION

**Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP**

**Ing. María Isabel Jiménez
DIRECTORA DE TESIS**

**Dr. Ramón Espinel M.
VOCAL**

**Dr. Paul Herrera S.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, le corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Luis Fernando Maura Pazmiño

RESUMEN

El tema propuesto, se enmarca dentro del ámbito de protección de plantas y la nutrición vegetal de uno de los cuatro principales productos cultivados a nivel mundial y el primer rubro agrícola de exportación a nivel nacional como lo es el cultivo del banano.

Con la presente investigación se proyecta validar la Hipótesis de que el uso de los biofertilizantes líquidos ayuda en el manejo de la Sigatoka negra y conocer sus porcentajes de reducción en el parámetro de la severidad de la enfermedad en campo.

Su objetivo principal es determinar el potencial que tienen los biofertilizantes en el control de la Sigatoka negra en las plantaciones comerciales de banano y establecer vía análisis químico su incorporación en la planta.

Para validar la hipótesis y alcanzar los objetivos propuestos se desarrolló la investigación en una plantación comercial de banano Cavendish , variedad Williams, ubicada en la parroquia Taura, Cantón Duran, Provincia del Guayas,

en donde con un diseño experimental de bloques completos al azar se estableció y ejecutó el experimento en un área que cumplió con las características requeridas.

En el área seleccionada se utilizó y valoró dos tipos de biofertilizantes y sus mezclas: foliares, radiculares y foliar + radicular, elaborados en la plantación y aplicados con la tecnología prevista en la misma. Se evaluó los parámetros agronómicos, fitosanitarios y nutricionales de las plantas seleccionadas y su primera generación.

El estudio reveló que la aplicación de los biofertilizantes foliares como radiculares ejercieron una influencia directa sobre los parámetros agronómicos como: altura, diámetro, emisión foliar, presentando así mejores características agronómicas de las plantas seleccionadas y su primera generación. Con respecto a los parámetros fitosanitarios y nutricionales, la utilización de la mezcla de biofertilizantes foliares y radiculares mostro un porcentaje inferior de infección causado por Sigatoka negra en plantas madres e hijas. Por otro lado en los parámetros nutricionales se estableció que los biofertilizantes ejercieron una influencia directa sobre los parámetros nutricionales de las plantas seleccionadas

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO. 1	
1. CULTIVO DE BANANO.....	5
1.1. Origen.....	6
1.1. Clasificación taxonómica.....	7
1.2. Importancia económica.....	11

CAPITULO 2.

2. ENFERMEDADES FUNGOSAS QUE ATACAN AL CULTIVO DE

BANANO.....	14
2.1. Enfermedades en General.....	14
2.2. Enfermedades Foliares: Sigatoka negra.....	19
2.3. Agente Causal.....	20
2.4. Epidemiología.....	22
2.5. Desarrollo de la enfermedad.....	23
2.6. Interacción planta - patógeno.....	26
2.7. Metodologías de control.....	27

CAPITULO 3.

3. PRODUCCION ORGANICA DE BANANO.....

3.1. Características generales.....	31
-------------------------------------	----

3.2. Países productores y tecnología utilizada.....	35
3.3. Perspectivas del mercado Orgánico del banano.....	37

CAPITULO 4.

4. PRODUCTOS ORGÁNICOS.....	42
4.1. Biofertilizantes líquidos.....	42
4.2. Preparación de los biofertilizantes líquidos.....	44
4.3. Aplicación y dosificación de los biofertilizantes.....	54
4.4. Posible acción de los biofertilizantes líquidos con la Sigatoka negra.....	59

CAPITULO 5.

5. METODOLOGÍA Y MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
5.1. Materiales y métodos.....	63
5.1.1. Material Experimental	64

5.1.2. Materiales de Campo.....	67
5.2. Ubicación del Experimento.....	68
5.2.1.1. Ubicación geográfica.....	68
5.2.1.2. Características Edafo-climáticas del experimento.....	69
5.3. Metodología de la investigación.....	69
5.4. Parámetro Evaluados.....	72
5.5. Resultados y discusión.....	75

CAPITULO 6.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
6.1. Conclusiones.....	89
6.2 Recomendaciones.....	91

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

cm	Centímetros
g	Gramos
Ha	Hectárea
Has	Hectáreas
Kg	Kilogramos
mm	Milímetros
mg	Miligramos
ppm	Partes por millón
PIB	Producto interno bruto
Ton	Toneladas
var.	Variedad
cm	Centímetro.
cm ³	Centímetro cubico.
Lb	Libra.
Lts	Litros

SIMBOLOGÍA

P	Peso.
°C	Centígrados
um	Micrómetros
%	Por ciento
pulg.	Pulgadas
Est.	Estadios
S	Azufre
B	Boro
Ca	Calcio
Cu	Cobre
P	Fósforo
Fe	Hierro
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
N	Nitrógeno
K	Potasio
Zn	Zinc

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Contenido de elementos nutritivos de diferentes clases de estiércoles.47
Tabla 2	Comparación de la composición físico-química del biol proveniente de estiércol vacuno (be) y de estiércol más alfalfa picad (bea).....57
Tabla 3	Rangos de niveles mínimos de microorganismos deseados en el Té de compost.....59
Tabla 4	Comparación de las características de té capaces y no capaces de suprimir enfermedades.....59
Tabla 5	Sales minerales que se incorporan a los biofertilizantes.....67
Tabla 6	Área bajo la curva del parámetro altura de plantas de banano, tratadas con biofertilizantes foliares, radicales y sus mezclas.....76
Tabla 7	Área bajo la curva del parámetro diámetro de plantas de banano, tratadas con biofertilizantes foliares, radicales y sus mezclas.....77
Tabla 8	Área bajo la curva del parámetro índice de emisión foliar en plantas de banano, tratadas con biofertilizantes foliares, radicales y sus mezclas.....78
Tabla 9	Porcentaje del daño causado por Sigatoka negra medido por la escala de Stover modificado por Gauld, en plantas de banano tratadas con biofertilizantes foliares, radicales y sus mezclas.... 79
Tabla 10	Área bajo la curva del parámetro de hoja más joven enferma en las plantas de banano tratadas con biofertilizantes foliares, radicales y sus mezclas.....80
Tabla 11	Frecuencia de síntomas de <i>M. fijensis</i> en plantas de banano, tratadas con biofertilizantes foliares, radicales y sus mezclas.....81

Tabla 12	Caracterización nutricional de las plantas de banano evaluados en referencia a los valores menores de tabla de valor critico.....	83
Tabla 13	Caracterización nutricional de las plantas de banano evaluados en referencia a los valores mayores tabla de valor critico.....	84
Tabla 14.	Caracterización química de las muestras de suelo.....	85

INTRODUCCION

El banano es el primer producto agro-exportable del Ecuador y se encuentra entre los cuatro principales productos cultivados a nivel mundial, después del arroz, trigo y maíz (24).

En el Ecuador, el cultivo del banano goza de condiciones climáticas excepcionales, las que junto a la riqueza de el suelo, han permitido que el país se convierta en unos de los principales exportadores de este rubro agrícola. (19).

Los cultivos comerciales de banano en el Ecuador se producen en extensos monocultivos regidos por normas tecnológicas dirigidas a la producción intensa de la fruta para la exportación. Este sistema de producción esta afectado por muchas plagas y enfermedades, entre ellas la mas importante la Sigatoka negra, cuyo agente causal es un hongo Ascomiceto denominado *Mycosphaerella fijensis* Morelet.

La Sigatoka negra es una enfermedad de tipo foliar que causa daños severos y directos al tejido fotosintético del banano y además indirectamente provoca la maduración prematura de la fruta, obteniendo así pérdidas que pueden registrar desde un 30 a 100 % en la producción final (47,10).

En Ecuador se describe un aumento anual del uso de pesticidas en los ciclos de fumigaciones en las plantaciones bananeras a causa del control de la Sigatoka negra, alrededor se realizan un promedio de 28 ciclos de aplicaciones por año, constituyendo un impacto ambiental negativo en los ecosistemas (64).

Para la disminución de los ciclos de fumigación utilizados en las plantaciones de bananera , se están desarrollando nuevas alternativas de manejo enmarcadas en la agricultura orgánica, como es la utilización de productos orgánicos llamados biofertilizantes líquidos que se aplican a nivel foliar y radicular en la planta(72).

Los biofertilizantes líquidos son productos que resultan de la fermentación anaeróbica de materia orgánica de origen animal y vegetal, que posee elevadas cantidades de macro y micro nutrientes

como también, sustancias que inhiben el crecimiento normal de la Sigatoka negra, en donde ya se encuentran resultados favorables en algunas plantaciones nacionales. (71).

Debido a la implicación que tiene la Sigatoka negra expuesta anteriormente en la producción en el cultivo de banano y su impacto ambiental negativo por los múltiples controles químicos para la enfermedad, es necesario contribuir con investigaciones que permitan reducir o reemplazar las técnicas actuales de control con sustancias químicas con un uso alternativo de otras sustancias como es el caso de los biofertilizantes líquidos en el control de la enfermedad.

El objetivo general de este estudio es el siguiente:

1. Determinar el potencial de los biofertilizantes líquidos en el manejo de la Sigatoka negra a nivel de plantaciones comerciales.

Los objetivos específicos de este estudio son los siguientes:

1. Evaluar el efecto de los biofertilizantes foliares, radiculares y sus mezclas sobre el índice de severidad de Sigatoka negra en plantaciones establecida.

2. Analizar el efecto de los biofertilizantes líquidos sobre parámetros de crecimiento y producción en plantaciones establecidas.

3. Determinar la influencia de los biofertilizantes líquidos en el estado nutricional de la plantación de banano.

CAPITULO 1

1. EL CULTIVO DE BANANO

El banano pertenece a la familia de las Musáceas y en conjunto es uno de los principales cultivos ubicado entre los cuatro principales productos cultivados a nivel mundial y crece principalmente en los trópicos y subtrópicos (24, 62).

1.1. Origen.

El banano tiene origen en Asia Meridional, siendo conocido en el Mediterráneo desde los años 650 DC. Se encuentra distribuido desde África hasta América Latina (35).

El banano fue distribuido principalmente por viajeros y comerciantes, los europeos los introdujeron a la India en la época de la guerra, en el año 327 AC, luego los árabes lo llevaron a África en el año 1300 DC. De donde los portugueses lo llevaron a las Islas Canarias en el siglo XV y desde allí en el

año 1516 por Tomas de Berlanga lo introdujo a Santo Domingo y desde entonces se dispersó al Caribe y América Latina (35).

Debido a la interacción que tubo el banano en sus diferentes viajes con diferentes clones fue cambiando su aspecto hasta convertirse en una fruta tipo carnosa sin semilla que hoy en día conocemos (11).

En 1920, botánicos franceses descubrieron la variedad denominada Gross Michel que prolifero en todo el mundo convirtiéndose así en la especie más cultivada y la única exportable.

En el siglo XIX, los británicos descubrieron en el sur de China la variedad Cavendish, que paso a sustituir a la Gros Michel y prácticamente desde el año 1960 se establece como la única variedad comercializada en todo el mundo.

A partir de 1940, comenzó a cultivarse a gran escala en nuestro país y con el tiempo su exportación se convirtió en la principal generadora de divisas. En la década de los 50 se estableció el boom bananero convirtiéndose el Ecuador

en el primer exportador mundial de la fruta. Inicialmente la fruta era exportada en racimos hasta los año 60 donde se implemento el embalaje de las manos de banano en cajas de cartón separados, con un peso aproximado de 20 a 22 kg. por medio de la compañía Standard Fruit, que luego fue adoptada por diversas compañías (66).

1.2. Clasificación Taxonómica.

El banano pertenece al género *musa* que es derivado de la palabra Arabe mouz. del orden de las Zingiberales. Las Musáceas silvestres están distribuidas desde el Pacífico hasta el África Occidental, principalmente en la región del Sudeste de Asia (59).

Los cultivares de banano y plátano son derivados de las especies silvestres *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla. La primera clasificación científica del banano fue hecha por Linnaeus en 1783. El dio el nombre de *Musa sapientum* a todos los bananos de postre los cuales son dulces cuando maduran y se comen crudos. El nombre de *Musa paradisiaca* Colla fue dado al grupo de los plátanos los cuales se cocinan y consumen cuando todavía están verdes (52).

El genero musa posee 40 especies y se encuentra dividido en cinco secciones como son: *Eumusa*, *Asutralimusa*, *Calimusa*, *Ingentimusa*, *Rhodochlamy*. Siendo *Eumusa* el género más grande que contiene a *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana*, estos dos géneros son nativos del Sudeste de Asia y producen semilla. Esta clasificación esta propuesta por Simmonds and Sheperd en base a la contribución que tienen estas dos especies en la constitución de los cultivares y también a la ploidia o numero de cromosomas en los cultivares (59).

Simmonds postuló un sistema de clasificación basado en claves donde están representadas de dos a cuatro letras que indican el genotipo de la variedad, cada letra responde al origen de la variedad para la especie *Musa acuminata* la letra A y B para *Musa balbisiana*.

La hibridación que se obtuvo de *M. balbisiana* permitió al banano comestible crecer en áreas donde la precipitación es en estación y no durante todo el año especialmente en la zona del trópico. La triploidia de un híbrido fue un adelanto importante en la evolución de los cultivares procedentes de *M. acuminata* y de *M. balbisiana* los cuales se los identificaba con los grupos genómicos AAA, AAB y ABB. Las características de los triploides son especies más grandes y con un mayor tamaño del fruto que las especies diploides. En el caso de la tetraploidia son pocos los cultivares que han alcanzado su desarrollo normal en los cultivos, a los cuales se los identifica con las claves: AAAA, AAAB, AABB y ABBB (59).

Simonds y Shepherd, mencionan que las variedades de origen de *Musa acuminata* se encuentra en mayor número que las de *Musa balbisiana*.

Los bananos comestibles dentro de la clasificación dada por Simonds y Shepherd se describen por medio de caracteres morfológicos como son: La forma del canal del pecíolo, características en las brácteas y pedúnculo, color del pseudotallo, tamaño del pedicelo, color de la flor masculina y el estigma,

Esta clasificación también ha ayudado a describir clones utilizando las características morfológicas.

Clasificación Taxonómica del Banano

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Genero: Musa

Especie: *M. paradisiaca*

Nombre binomial: *Musa x paradisiaca* (40).

1.3. Importancia económica.

Ecuador es el primer proveedor de banano a los países de la Unión Europea y el segundo a los Estados Unidos, también se exporta a países de Europa del este, países Árabes, Chile, Rusia, Argentina. Nueva Zelanda, Japón y China (32).

Los países que lideran las exportaciones son Ecuador, Costa Rica, Filipinas, y Colombia. Mientras que los mayores productores son India, Brasil, China, Ecuador, Filipinas, Indonesia, Costa Rica, Méjico, Tailandia y Colombia (32).

Desde la época del *Boom* bananero Ecuador y en el transcurso de pocos años se convirtió en uno de los mayores exportadores de banano del mundo satisfaciendo al 25 % de la demanda internacional (65). Existen varias marcas internacionales bajo las cuales aparece nuestro banano nacional como son: Del monte, Leefruit, Dole, Chiquita, Bonita, entre otras.

El cultivo del banano representa un rubro muy importante dentro del sector agropecuario del país contribuyendo con el 3% del PIB nacional y un 15% en el PIB del sector agropecuario, beneficiándose así directamente entre 10 al 12 % de la población económicamente activa de esta producción (15, 65).

Dentro del los cultivos en el Ecuador ocupa el cuarto puesto entre los productos mas cultivados con 195.259 hectáreas predominando las variedades Cavendish, Orito y Rojo (65).

El banano conjuntamente con el plátano registra el 40 % del área agrícola de la costa y el 25 % del área agrícola nacional. Las principales provincias a nivel de superficie en producción son: El Oro con 43.353 has, Guayas con 44.646 has y Los Ríos con 50.419 Has, representando así el 77 % de la superficie cultivada (32).

Esta estructura marca una diferencia en niveles de producción entre las provincias, así tenemos que Los Ríos produce un promedio de 2070 cajas por has, En Guayas de 1600 cajas por has y en el Oro 1500 cajas por has, produciendo un promedio nacional de 1400 cajas por has (32).

Dentro de la estructura de las exportaciones agropecuarias el banano a significado un rubro importante de recursos, esto que a medida de las restricciones y los precios fluctuantes en el mercado año a año aumenta sus ventas. La industria bananera registró un ingreso de 20 millones semanales, siendo así un soporte directo a más de 200.000 personas constituyendo un rubro que genera muchas plazas de trabajo en el país (1).

Ecuador también exporta diversos derivados industriales como banano deshidratado, jugos, puré y harinas, actividad que sumada a la exportación fresca de la fruta representa el segundo rubro de exportación del país originando la mayor fuente de empleo para cientos de miles de familias Ecuatorianas (32,19).

CAPÍTULO 2

2. ENFERMEDADES FUNGOSAS QUE ATACAN AL CULTIVO DE BANANO

2.1. Enfermedades en General.

Las enfermedades son un factor limitante para el desarrollo normal de los cultivos, los países productores de banano invierten altas cantidades de dinero en el control de las enfermedades que pueden ocasionar pérdidas hasta un 100 % de la producción si no son manejadas adecuadamente, siendo la prevención el método más apropiado y económico. La planta de banano al igual que otras especies son afectadas por enfermedades fungosas que pueden ocasionar daños en los órganos como: El sistema foliar y radicular, pseudotallo, tallo verdadero y los frutos. Su afectación ocasiona problemas en el anclaje

en la planta, absorción, transformación y translocación de los diferentes elementos nutritivos sobre el rendimiento y la calidad de producción (63).

A continuación se describen las principales enfermedades fungosas que atacan al cultivo de banano.

Mal de Panamá

El mal de Panamá es provocado por el hongo *Fusarium oxysporum* f. *cúbense*, es considerada una enfermedad muy perjudicial en las plantaciones bananeras, se encuentra en las zonas templadas y tropicales del mundo (59).

Los síntomas externos se caracterizan por un amarillamiento de las hojas más viejas o un agobamiento en la unión del pecíolo con el pseudotallo. Todas las hojas eventualmente se agobian y mueren, pero el pseudotallo permanece erecto por uno o dos meses hasta que se pudre y se seca, este adquiere una

consistencia dura y seca. Los síntomas internos consisten en una decoloración vascular en las vainas externas. En estado muy avanzado puede alcanzar hasta las vainas internas, el tallo verdadero y el pedúnculo de la fruta. Una forma de comprobar la enfermedad producida por este hongo es efectuando un corte transversal en la parte inferior del pseudotallo o del rizoma en donde se muestra puntuaciones negras, indicadoras de la infección interna causada por el hongo (53, 59).

Este hongo se caracteriza por producir tres tipos de esporas: las microconidias, macroconidias y clamidosporas, estas últimas tienen paredes muy gruesas, lo cual las hace muy resistentes a condiciones ambientales desfavorables y a la ausencia de hospedantes. Distintas formas especiales de *F. Oxysporum* pueden sobrevivir en un estado de reposo en el suelo durante muchos años, son viables después de 40 años (60).

El Mal de Panamá solamente puede ser controlado por cuarentena y exclusión no hay ningún método que reduzca la población del patógeno. La variedad Gros Michel cultivada en la época de los 60 a nivel mundial es susceptible al

mal de Panamá, por lo cual fue sustituida por la variedad Cavendish en las plantaciones comerciales (30).

Sigatocas.

La Sigatoka amarilla es causada por el hongo *Mycosphaerella musicola*. Se encuentra difundida en todas las zonas bananeras, especialmente cultivares del subgrupo Cavendish son susceptibles a esta enfermedad (59).

Los primeros síntomas de la Sigatoka amarilla se presentan en manchas pequeñas o rayas amarillas, que empiezan a salir en las hojas en sentido paralelo de las venas de las mismas y son visibles a trasluz. Las esporas de este hongo (ascosporas y conidias) germinan en la superficie del limbo y el micelio penetra por una abertura estomática, que luego de tres a siete días el color se nota visible para luego tomar un color rojizo hasta marrón. En esta fase las rayas de la Sigatoka sobre pasan los 12 milímetros de largo comenzando a ser perjudiciales para el cultivo, continuamente se forma un doblez negro y un centro gris que terminan por morir, luego estas infecciones

se unen entre si y pasa a ser severa produciendo grandes áreas necróticas que cubren el total de las hojas (51).

Esta enfermedad resulta favorecida por las precipitaciones y la alta humedad. Los efectos directos de la Sigatoka amarilla sobre el follaje están en relación directa con la cantidad de manchas presentes en las hojas. Los efectos indirectos de la enfermedad inciden en los racimos, al reducirse la superficie funcional de las hojas, debido a la presencia de numerosas manchas. El control más descrito consiste en la aplicación de aceite agrícola, siendo más eficaz en las manchas jóvenes en el proceso de evolución que interrumpe la producción de esporas, estas aplicaciones se encuentran dadas por medio de inspecciones y evaluaciones constantes al cultivo. Otro método de control es por medio de labores culturales en el cultivo las cuales son complementarias y se llevan a cabo conjuntamente para tener éxito en la operación (51).

2.2. Enfermedades foliares: Sigatoka negra

La Sigatoka negra, es una enfermedad de tipo foliar económicamente mas importante en Latinoamérica y el Caribe, Esta enfermedad destruye el área foliar disminuyendo la capacidad fotosintética de la planta conllevando a una prematura maduración de los frutos, se encuentra distribuida en la mayoría de las regiones bananeras en el mundo, fue reportado por primera vez en febrero de 1963 en el distrito de Sigatoka de la isla de Viti Levu en Fidji situada al sudeste Asiático (38).

La primera aparición en el continente Americano de esta enfermedad fue reportada en Honduras en año de 1972 mezclada con Sigatoka amarilla (70). A partir de entonces se encuentra diseminada en toda América y el Caribe: Belice en 1975; Guatemala, el Salvador, Costa Rica, Nicaragua en 1977; en Panamá en 1980; Colombia 1981; Ecuador en 1986, Venezuela y Cuba en 1991 (48); Jamaica y Perú en 1994; República Dominicana 1996; Bolivia 1997 (75) y Brasil 1998 (48). En 1999 se detecto en Estados Unidos en condiciones de invernadero en la Florida, Estados Unidos (54) y Haití en el 2000 (56).

Los últimos reportes se confirman que se encuentra registrada la enfermedad en Australia, Trinidad y Tobago, Puerto Rico y Granada. A la fecha, no se ha

reportado la presencia de la enfermedad en las islas caribeñas de Guadalupe, San Vicente y Santa Lucía (24, 36).

2.3. Agente Causal

El agente causal de la Sigatoka negra es el hongo Ascomycete que se reproduce en forma sexual y asexual durante su ciclo de vida. *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, (fase sexual) o *Paracercospora fijiensis* Morelet (fase asexual). Durante la fase asexual correspondiente al género *Paracercospora* se presenta en el desarrollo de las primeras lesiones de esta enfermedad las cuales son descritas como pizcas o estrías. En esta fase se observa la presencia de conidióforos emergiendo de los estomas a la superficie de las hojas. Terminado la fase de reproducción de los conidióforos, se inicia la fase sexual de la enfermedad sobre el primer estado de la mancha con la producción de ascosporas en estructuras llamadas peritecios, los cuales se forman sobre la superficie del estado más avanzado (44, 46).

Los conidióforos se desarrollan en las manchas de color café sobre el envés de la hoja y son producidos únicamente hasta el segundo estadio de la

enfermedad. Estos son rectos o curvos de color marrón, septados de tamaño de 25 micrometros y 3 a 4 micrometros de ancho. Las conidias son estructuras hialinas, cilíndricas, rectas o ligeramente curvas, que poseen de seis a nueve septos, delgadas en el ápice y más anchas en la base (52).

El peritecio es una estructura de forma globosa de color marrón oscuro en donde en la parte superior presenta una apertura denominada ostiolo que dentro se encuentran las ascas que son especies de sacos, donde en el interior reencuentran las ascosporas que son las esporas sexuales. Las ascosporas son hialinas, fusiformes clavadas, con dos células y ligeramente constrictivas en el septo, miden de 14-20 mm de longitud y de cuatro hasta 6 mm de ancho. La fase sexual es la más importante en la producción de la enfermedad ya que es aquí donde se disemina la enfermedad (44, 49).

2.4. Epidemiología.

La Sigatoka es una enfermedad policíclica, en donde las conidias y las ascosporas cumplen la función de disipar la enfermedad con una secuencia

sin fin de inoculación, infección, colonización, esporulación, dispersión y nuevas infecciones (48).

Las conidias cumplen un rol muy importante en la prevalencia de la enfermedad durante periodos de baja precipitación. Las ascosporas son consideradas más importantes en la dispersión de la enfermedad a distancias mayores por efecto del viento y responsables de la introducción de la enfermedad a nuevas áreas, las trampas de ascosporas han recolectado de 8.000 a 33.000 mil ascosporas por metro cúbico de aire en 24 horas (26). Bajo condiciones normales las ascosporas maduras pueden presentarse de 3 a 4 semanas de la aparición de las primeras estrías. Las ascosporas se producen en cuerpos fructíferos denominados pseudotecios, en lesiones maduras, generalmente en las hojas más viejas, por lo cual estas hojas necesitan ser removidas del cultivo. Tanto las conidias como las ascosporas infectan la hoja vía estomática por lo cual son más abundantes en la parte abaxial. El rango óptimo para la reproducción de los conidios es del 92 al 100% de humedad y las ascosporas de 98 a 100%. Con un rango de temperatura de 26 a 28 grados centígrados. Cabe señalar tanto las conidias como las ascosporas presentan el mismo desarrollo de la enfermedad. Estudios realizados acerca de la viabilidad de las conidias y ascosporas demuestran que las conidias pueden permanecer viables hasta 60 días sobre la superficie de la hoja y hasta 18 días en la epidermis de los frutos en condiciones de sombra. (28, 37, 69).

2.5. Desarrollo de la enfermedad.

Los síntomas iniciales de la Sigatoka negra están determinados por el patrón de infección en el desarrollo en la hoja. El desarrollo de una hoja de banano es constante y expandido en forma de embudo, de donde nuevos tejidos son expuestos a la infección del hongo, que por medio del viento y el agua se dispersa. La infección causada por las esporas generalmente germinan dentro de 2 a 3 horas cuando caen sobre superficies húmedas, una vez infectado se encuentra establecido la esporodoquia que son los grupos de conidióforos alineados dentro del estoma de la hoja infectada, el cual se desarrolla en la cavidad sub estomática de donde una o más hifas de *Mycosphaerella fijiensis* emergen del estoma en el envés de la hoja. Para la infección de estomas adyacentes las hifas se desarrollan a manera de red por la superficie foliar produciendo ramificaciones, por lo cual es infectada toda la hoja en la etapa final mostrando un crecimiento epifítico. La producción de conidias se observa en mayor número en la etapa antes de floración. Los síntomas de la enfermedad, pueden desarrollarle por completo desde los 50 a 115 días presentándose en el periodo mas largo en la época mas seca del año, mientras que en la temporada lluviosa ocurre un desarrollo acelerado. Es posible encontrar los estadios en todas las épocas del año especialmente en las hojas jóvenes (22, 38, 45).

Fouré (1985), describe los estadios de la enfermedad como aparecen a continuación.

Estadio 1: pequeñas manchas de color blancuzco o amarillo visibles en el envés de la hoja.

Estadio 2: se observa una pequeña raya, generalmente de color café y visible en el envés de la hoja; en el haz se visualiza como una raya que cambia progresivamente de color café a negro.

Estadio 3: la raya se hace más alargada y bajo condiciones climáticas favorables, alcanza una longitud de 2 a 3 cm.

Estadio 4: mancha negra en el haz de la hoja, claramente apreciada a simple vista.

Estadio 5: la mancha elíptica se vuelve totalmente negra y se ha extendido en el haz de la hoja. Esta mancha tiene un halo amarillo que la rodea y su centro comienza a deprimirse.

Estadio 6: el centro de la mancha se seca, adquiere un color gris claro y lo rodea un anillo bien definido de color negro, rodeado a su vez por un halo de color amarillo brillante.

2.6. Interacción planta patógeno.

El patógeno que causa la Sigatoka negra presenta varios grados de agresividad, según el grado de compatibilidad que exista entre en la especie *Musa sp.* y el hongo. Generalmente, ataca a especies como *Musa balbisiana*, *Musa acuminata* (28).

Los cultivares se clasifican de acuerdo a la resistencia o susceptibilidad a la Sigatoka negra, las plantas poseen diferentes mecanismos de defensa, así como los patógenos evaden estos ataques hasta suprimirlos. De esta forma encontramos tres niveles de susceptibilidad a *Mycosphaerella fijiensis*. que son:

Susceptibles: los que se caracterizan por que la enfermedad se desarrolla con gran rapidez la fase 1 hacia la necrosis mostrando todos los estadios. Particularmente las plantas susceptibles presentan con una a dos hojas funcionales al momento de la cosecha. Ciertos bananos presentan una reacción de sensibilidad a la Sigatoka negra comparable a la del cultivar

Grande Naine (AAA, Cavendish). Otras especies presentan una resistencia parcial que se puede ser moderada (Pisang Berlin, Pisang Mas) o muy pronunciada y comparable, Fougamou (ABB, subgrupo Pisang Awak) (23, 48).

Los tolerantes: Muestran un lento desarrollo de los síntomas de la fase uno hacia la necrosis teniendo una esporulación débil. La planta conserva su superficie foliar funcional al momento de la cosecha (10, 48).

Los altamente resistentes: son los que en particular presentan un bloqueo en la expresión de los síntomas y no permiten al hongo esporular sexual o asexualmente comparable a la de Yangambi (AAA, subgrupo Ibota). Dentro de este fenotipo también encontramos los altamente resistente por Hipersensibilidad, las reacciones de algunas de estas variedades de banano al ser inoculadas artificialmente con aislados de *M. fijensis* se ha observado la ruptura de este tipo de resistencia (Variedad Paka) lo que indica que el agente patógeno supera con mas facilidad esta resistencia y que por consiguiente, no es duradera. (10, 48).

2.7. Metodologías de Control.

Actualmente existen varias alternativas de control integrado que involucran diversas formas como las prácticas culturales, la aplicación de compuestos químicos basados en la precipitación y el uso de variedades resistentes.

Las primeras metodologías de control de la enfermedad se registran en 1930 con el uso de sulfato de cobre en agua, denominando a esta solución caldo Bórdeles. En 1950 cuando esta enfermedad llegó a tener una importancia directa en el rendimiento de los cultivos se introdujo la acción de aceite de petróleo. Hoy en día existen varias estrategias de control con químicos que predominan en las plantaciones de gran escala destinadas a la exportación de la fruta. Es así, que de esta forma el uso del aceite de petróleo fue desplazado poco a poco por el uso de los ditiocarbamatos que son aplicados en grandes dosis con avionetas fumigadoras. El primer producto para el control de la enfermedad fue un fungicida sistémico llamado Benomyl. La utilización excesiva de dicho producto dio como consecuencia que el hongo obtenga resistencia a los benzimidazoles y propocinazoles en los países productores de la fruta. Debido a este problema y para ejercer un mejor control del hongo

se introdujeron el uso de los fungicidas protectantes con mezcla con fungicidas sistémicos a razón de evitar la resistencia del hongo (38).

Para evitar el aumento de tolerancia de la enfermedad unidas a razones económicas, actualmente se realizan mezclas de productos como: aceite agrícola, Benzimidazoles, Triazoles, Morfolinas y Dithiocarbamatos, en diversos ciclos de aplicación al año (42, 49).

El uso de prácticas culturales es otra metodología fácil de implementar y ha alcanzado una gran importancia en el control de la enfermedad ayudado a disminuir el excesivo uso de productos químicos que influyen directamente al medio ambiente. Estas prácticas están dirigidas a prevenir la enfermedad o interrumpir su normal desarrollo, como por ejemplo: 1. Establecer un buen sistema de riego y drenaje, con el fin de controlar la humedad relativa, que es propicia para la reproducción del hongo. 2. Ejercer un corte preventivo de las secciones infectadas y necrosadas en las plantaciones para evitar su dispersión y propagación. 3. Mantener un control de la densidad de plantas y un manejo adecuado de la fertilización en las plantaciones (12, 38, 79).

La producción de nuevas variedades resistentes también ha sido una de las medidas de control utilizadas en los últimos años. La fundación Hondureña de Investigación Agrícola “FHIA”, ha desarrollado mediante genética convencional, híbridos tetraploides de banano, con niveles de resistencias a Sigatoka negra y a otras enfermedades.

Con el fin de disminuir los daños causados al medio ambiente y a la salud humana se están implementando en las últimas décadas la utilización de productos naturales como extractos botánicos, sustratos, antagonistas, enmiendas orgánicas y lixiviados de compostaje. Se puede citar que estos productos de fermentación controlada de bacterias u hongos cumple el papel de activar los procesos de defensa en plantas, ejerciendo una protección preventiva hacia el patógeno (3, 4, 27, 50, 58).

CAPITULO 3

3. PRODUCCION ORGANICA DE BANANO

3.1. Características Generales

La producción de banano a nivel mundial ha alcanzado lugares estelares debido a la producción de divisas que genera esta actividad. Se ubica en el cuarto puesto en la categoría de productos alimenticios después del arroz, papa, trigo. Esta fruta forma parte esencial dentro de la dieta básica para millones de personas. En Ecuador el banano se producen en extensos monocultivos destinados a la exportación de la fruta usando tecnologías

dirigidas a la producción intensa con la utilización rutinaria de fungicidas que representan un 40 % total de los costos de producción; esto sin mencionar los daños ocasionados al medio ambiente (32, 57).

Debido al impacto negativo que tienen los fungicidas en la salud y al medio ambiente, diversos centros de investigación establecen otras metodologías de producción; como se puede mencionar, el uso de sustancias antagonistas al crecimiento del hongo causante de la Sigatoka negra, sin embargo estas metodologías están en fases iniciales de aceptación las cuales demuestran que la base de extractos o cócteles de origen vegetal unidos a una buena nutrición vegetal han permitido controlar el hongo. Esta alternativa de producción cumple la función de armonizar la necesidad de producir alimentos con los recursos del ecosistema dentro de un marco ecológico, social y ambiental (7, 57).

Hoy en día, la producción orgánica de alimentos muestra la mayor tasa de crecimiento del sector alimenticio. El crecimiento en las ventas de los

productos orgánicos oscila entre un 20 a 25 % anual a lo largo de una década. Los índices que corresponden a las tierras orgánicas de Europa, América Latina y Estados Unidos son excelentes. Entre 1995 y 2000 en Europa y Estados Unidos se ha triplicado la superficie total de tierras orgánicas en los últimos 5 años (6).

Según datos de IICA (32), a nivel internacional los productos orgánicos representaran entre el 1 al 1.5 % de la demanda mundial de alimentos que esperando en algunos años alcance el 5 al 10 % constituyendo así una porción buscada en los consumidores alrededor del mundo y una alternativa de nuevas oportunidades para establecer producciones hacia los sistemas orgánicos.

La producción orgánica de banano se ha establecido en las última dos décadas en diferentes países en el continente Americano, tomando así conciencia del severo daño ambiental producido por el descontrolado uso de químicos sobre la naturaleza y en la salud de los mismos. Uno de los importantes cambios graduales de esta producción orgánica de banano es el desarrollo de un mercado preferencial en precios, fomentando en la conciencia de los consumidores la adquisición de productos que garanticen el producto

fue producido protegiendo el medio ambiente y que los niveles contaminantes sean inferiores a los productos convencionales. Esta garantía se la puede encontrar en el mercado de productos bajo certificaciones como: ISO 9000, Orgánico, Eco – K, Natural Clem Sytem. Estas normas son establecidas como un punto intermedio donde se busca la producción de alimentos requeridos por el consumidor y la realidad de generar productos que no sean tan exigentes y posibles para la producción (31, 33, 68).

Actualmente la producción orgánica de banano ha aumentado considerablemente la demanda en los mercados externos de los productos, de tal forma que este tipo de producción ha surgido como una alternativa para la reactivación y competitividad entre las producciones convencional versus las orgánicas, creando un sin número de plazas de trabajo y una alternativa de producción. El precio del banano orgánico que oscila entre el 30% y el 80% con relación al convencional, lo cual incentiva a los productores al incremento de los volúmenes de producción. El principal riesgo comercial para los productores orgánicos es la inconstancia en los cambios de políticas en los países importadores (32).

En nuestro país existe un gran potencial para la producción orgánica de banano, actualmente se presenta 55.000 Has dedicadas a la producción orgánica ubicando el cuarto puesto en América (61).

3.2. Países Productores y tecnología Utilizada.

La producción mundial de banano orgánico esta creciendo a un ritmo del 30 – 32 %, existe más de 100 países que producen banano orgánico incluyendo a un número significativo de países en progreso en esta actividad (18, 19).

Los mayores productores de banano orgánico son República Dominicana, México, Colombia y Honduras que unidos a Ecuador, Costa Rica, Surinam, Togo, Perú, Madagascar, Uganda, Israel comprenden a los principales países productores de Banano Orgánico (32).

En 1980, se dio la expansión más significativa del cultivo de banana orgánica en los países de Ecuador, Costa Rica y Colombia debido a la apertura del mercado en Estados Unidos y la Unión Europea.

La producción orgánica de banano en Ecuador se mantiene su calidad y se encuentra en ascenso debido a su consistencia de parámetros de calidad y ubicación geográfica en comparación con otras regiones como por ejemplo, Costa Rica cuyas condiciones climáticas de lluvia estimulan el crecimiento de la Sigatoka negra. En comparación con Colombia, esta se encuentra limitada por factores de inseguridad que conllevan a trabajar en ciertas horas del día retrasando los niveles de producción.

Para el control de las enfermedades los productores orgánicos están empleando diferentes técnicas preventivas como el uso de diversas sustancias de origen vegetal para el control de la Sigatoka negra para poder mantener un equilibrio entre el patógeno y el hospedero en el que ninguno de los componentes puede volverse preponderante (62).

3.3. Perspectivas del mercado Orgánico del Banano.

Las modificaciones de los patrones de consumo de la población mundial sobre productos orgánicos muestran una perspectiva favorable para el cultivo de banano orgánico donde la demanda de los países industrializados sigue en aumento. El crecimiento de la producción orgánica de banano dependerá más del suministro que de los cambios en la demanda del producto, la tendencia ha reflejado que la demanda crece más rápido que el abastecimiento (19).

Los principales mercados para la producción orgánica de banano son La Unión Europea con el 41 %, Europa del Este 22 %, Usa 22% y Japón.

El mercado mundial para banano orgánico esta creciendo a un ritmo del 30 % anual en los países industrializados donde los productos orgánicos son más populares, Los bananos orgánicos representan a productos sustituidos, en este caso a los bananos convencionales. Tanto los países de Europa como Estados Unidos los consumidores han sustituido los productos orgánicos haciendo énfasis en la salud, protección animal, seguridad y calidad (5).

Datos del 2003 (9), muestra que los productos orgánicos han tenido una desaceleración mostrando una tasa de crecimiento del 22 %, sin embargo en el 2002, el banano orgánico alcanzo el 1,2 % del mercado en América del Norte pronosticando que esta cifra se proyecte del 2 al 2.5 % en los siguientes años, estos datos se traducirían a volúmenes de 85000 a 110000 toneladas para América del Norte en el año 2005 y 2006. Para el año 2010 se estima que alcance una cuota del 5 % de las importaciones que podrían llegar a unas 230.000 toneladas métricas. Si la tasa de crecimiento disminuyera a un 15 % anual para el 2010 se registrarían en unas 170.000 toneladas lo cual representaría el 3.7 % de las importaciones en Estados Unidos (18).

Las bananas importadas son de la variedad Cavendish llevadas de países como; Honduras (10%), Republica Dominicana (50%) y México (40%) (74, 18).

En el Mercado Europeo las importaciones de banano orgánico fue de 13000 toneladas en 1998, mas 5000 toneladas anuales en purés y 3500 toneladas deshidratadas (16). En Europa occidental el crecimiento del mercado del banano orgánico ha disminuido después del repunte en el desarrollo en anteriores años 1999, 2000, 2001, 2002. Las tasas de crecimiento actual del banano orgánico son de 2.1 % y se prevé que las ventas sigan aumentando 15 % anual. Las proyecciones a este ritmo alcanzarían una cuota de mercado del 3 % en el año 2005 y si la tasa descendería a un 10 % para el año 2010 se estima que oscilaría entre 210.000 y 220.000 toneladas importadas lo que representaría el 4 % del consumo de banano. Los principales proveedores son República Dominicana (80%), Colombia (10%), islas Canarias (3%), Ecuador (3%), Costa Rica, Togo, Honduras, Guatemala, Bolivia, Perú, Madagascar, Uganda y Israel. (1.3%) (17).

En Japón, el mercado se pronostica una rápida expansión, ya que los productores y comerciantes orgánicos de banano se adaptan al reciente reglamento de normas agrícolas japonesas (JAS) sobre etiquetado orgánico (17).

Con respecto a los precios se muestran constante entre los mercados de Europa y Estados Unidos. El centro de Inteligencia en mercados reportaron que los precios en para el primer trimestre del 2003 oscilaron entre 5.4 dólares y 8.5 dólares por caja y dependiendo del origen se percibió un sobreprecio de un dólar por caja dependiendo el origen (9, 19, 68).

Las perspectivas para los precios de banano orgánico en comparación con los bananos convencionales se detalla un sobreprecio entre el 20 % y 200 % .Estudios realizados en los mercados más importantes Europa, Estados Unidos, Japón muestran que el precio comparativamente alto de los bananos orgánicos es una de las barreras más importantes para la compra de los consumidores (19).

Las proyecciones en la producción de banano orgánico se acentúan más en la lucha contra el control de la Sigatoka negra, lo cual ocasiona un obstáculo técnico para el crecimiento sostenido de la producción por lo que se recomienda establecer métodos orgánicos de lucha contra esta enfermedad. A nivel de importaciones las estrictas normas

fitosanitarias y las inspecciones, plantean problemas significativos para el sector del banano orgánico, sobre todo en Japón, Nueva Zelanda y los Estados Unidos de donde los diferentes reglamentos orgánicos y la certificación acarrearán costos elevados para los productores y comerciantes (17).

En el país existe un gran potencial para la producción de banano orgánico con perspectivas alentadoras debido a diversos factores como: (i) Ser el primer país exportador de la fruta, (ii) Tener una gran cantidad de superficie en etapa de transición de convencional a orgánico, (iii) Poseer procesadoras de elaborados con certificación ISO 9000, ORGANICO, EUROGAP, OCIA, ECO – Lógica, (iv) Poseer centro de investigación sobre el manejo de producción orgánica de banano (61). Situación que se encuentra reorientando la actividad bananera nacional hacia una agricultura moderna y rentable que garantice el desarrollo económico, social, cultural y mantenga la sostenibilidad del medio ambiente.

CAPÍTULO 4

4. PRODUCTOS ORGANICOS.

4.1. Biofertilizantes líquidos.

La agricultura orgánica propone al reemplazo de sustancias químicas sintéticas y combustibles, con productos o desechos del mismo ecosistema, al mismo tiempo dispone del control biológico de plagas y la utilización de nitrógeno fijado biológicamente con otros nutrientes que son liberados a partir de abonos orgánicos (2).

El empleo de abonos orgánicos ha sido quizás la labor más antigua y difundida de la agricultura orgánica, practicada desde tiempo atrás por los agricultores, quienes han empleado estiércoles, abonos, biofertilizantes y desechos agroindustriales como fuentes de abono orgánico (41).

Es así que desde los años 1990, se implantó el uso de sustancias alternativas naturales en el manejo de plagas y enfermedades para contrarrestar las sustancias sintéticas, con el fin de proteger el medio ambiente utilizando métodos más amables con la naturaleza y la salud humana. Estas sustancias alternativas son más conocidas como abonos orgánicos líquidos, los cuales son ricos en nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas, aminoácidos y una gran cantidad de microorganismos benéficos que permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo (39).

No es nuevo el uso de abonos líquidos orgánicos en el desarrollo de los cultivos, también llamados te orgánicos o biofertilizantes en diferentes países, en general existen diferentes denominaciones para este tipo de

fertilizantes líquidos como son: té de plantas, té de estiércol, lixiviados de desechos descompuestos, purinas, bioles, entre otros (34).

Los biofertilizantes son elaborados a base de desechos animales y vegetales, que por medio de la fermentación controlada (anaeróbica o aeróbica) cumplen el papel de activar procesos de defensa preventiva contra los patógenos. (60).

El uso de estas sustancias induce de manera óptima el desarrollo fisiológico de las plantas, facilitando el metabolismo y la división celular, favoreciendo el crecimiento y aumentando o activando los mecanismos de defensa contra las plagas y enfermedades (60).

4.2. Preparación de los biofertilizantes líquidos.

Existen diferentes métodos para la preparación de los biofertilizantes líquidos dependiendo de los insumos a usarse, el elemento más común en la elaboración es el estiércol.

Estiércol.- Considerados como uno de los principales abonos en la agricultura orgánica, el estiércol se lo obtiene de una mezcla de camas de los animales con sus deyecciones. Las cantidades difieren según el tipo de animal, manejo y dieta. Este tipo de abono está compuesto de naturaleza órgano – mineral, con un bajo contenido en elementos minerales pero rico en nitrógeno el cual se encuentra casi exclusivamente en forma orgánica. El fósforo y potasio están al 50 % en forma orgánica y mineral. El estiércol tiene la propiedad de estimular y mejorar la actividad microbiana del suelo, la composición de los estiércoles varía entre límites muy amplios según la especie animal, es así que algunos poseen mayor cantidad que otros. Animales adultos y bien alimentados producen estiércol más rico en nutrientes. Esto ocurre porque los animales jóvenes aprovechan mejor los alimentos, como media, el estiércol de los adultos tiene 80% de nitrógeno, fósforo y potasio ingerido y 60% de la materia orgánica original. Podemos establecer que el estiércol de aves es el más rico y concentrado de todos, entre los mamíferos tenemos que el de caballo se encuentra por encima del de oveja, vaca y cerdo. En tabla 1. se representan

los valores medios de contenidos en nutrientes de los distintos estiércoles. (39, 68).

TABLA 1.
CONTENIDO DE ELEMENTOS NUTRITIVOS DE DIFERENTES CLASES DE ESTIERCOLES.

Producto	Materia seca (%)	Contenido de elementos nutritivos en kg.t-1				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
De vacuno	32	7	6	8	4	0.0
De oveja	35	14	5	12	3	0,9
De cerdo	25	5	3	5	1,3	1,4
De caballo	100	17	18	18	0.0	0.0
Gallinaza	28	15	16	9	4,5	0.0

Fuente: Alberto García Sans (1987).

Los estiércoles, como materia prima de los biofertilizantes, son fuentes de microorganismos patógenos, los cuales pueden ser eliminados o reducidos hasta niveles aceptables mediante tratamientos térmicos durante períodos de tiempo determinados en el proceso de elaboración (43).

La preparación y la efectividad de los biofertilizantes dependen de los siguientes factores: (i) Calidad de los materiales, (ii) Clases de microorganismos presentes durante el proceso de fermentación, (iii) Almacenamiento y aplicación.

En el proceso de la fabricación de biofertilizantes líquidos fermentados, existen dos etapas bien definidas:

La primera etapa por donde pasa la fermentación del abono es la estabilización donde la temperatura de la misma puede llegar a alcanzar entre 70 y 75 °C, debido al incremento de la actividad microbiana. Posteriormente, la temperatura del abono comienza a caer nuevamente, debido al agotamiento o disminución de la fuente energética que retroalimenta el proceso. En éste momento, el abono comienza su estabilización y solamente sobresalen los materiales que presentan una mayor dificultad para su degradación a corto plazo. La segunda fase es la maduración, donde la degradación de los materiales orgánicos que todavía permanecen es más lenta, para luego llegar

a su estado ideal para su inmediata utilización. Entre los principales factores que afectan el proceso de la fabricación de los abonos orgánicos líquidos fermentados destacan:

La temperatura: Está en función se presenta al incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza después de mezcla de todos los ingredientes. Aproximadamente, después de 14 horas de haberlo preparado, el abono debe presentar temperatura que pueden superar fácilmente los 50°C, lo que es buena señal para continuar con las demás etapas del proceso. La actividad microbiológica puede ser perjudicial por la falta de oxigenación y humedad. (55).

La humedad: La humedad óptima, para lograr la máxima eficiencia del proceso de la fermentación del abono oscila entre un 50 y 60% (en peso). Abajo del 40% de humedad, hay una descomposición aeróbica muy lenta de los materiales orgánicos que hacen parte del compuesto. Por otro lado, cuando la humedad supera el 60%, la cantidad de poros que están libres de agua son muy pocos, lo que dificulta la oxigenación de la fermentación, resultando un

proceso anaeróbico, que no es lo que se quiere ni lo ideal para obtener un abono de buena calidad (55).

La aireación: La presencia de oxígeno es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se calcula que en la mínimo debe existir entre un 5 a un 10% de concentración de oxígeno en los macroporos de la masa. Sin embargo, cuando los microporos se encuentran en estado anaeróbico por un exceso de humedad, pueden perjudicar la aireación del proceso y consecuentemente obtener un producto de mala calidad (55).

Relación carbono-nitrógeno: La relación teórica e ideal para la fabricación de un buen abono de rápida fermentación se calcula que sea entre 25 a 35%. Las relaciones menores pueden resultar en pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, por otro lado, relaciones mayores resultan en una fermentación más lenta (55).

El pH: La fabricación de este tipo de abono, requiere que el pH oscile entre un 6 y 7.5%, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbológica durante el proceso de la degradación de los materiales (55).

El tamaño de las partículas de los ingredientes: La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, pueden presentar la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbológica de los mismos. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas pueden llevar fácilmente a una compactación favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, lo que no es ideal para obtener un buen abono orgánico fermentado (55).

Aditivos: Principalmente son la melaza y microorganismos eficientes. Los microorganismos eficientes (*EM*) son una combinación de microorganismos benéficos de origen natural. Los principales organismos que forman parte de este complejo son bacterias fototrópicas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos microorganismos al entrar en contacto con la materia orgánica secretan sustancias benéficas como

vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes (29).

Existen diferentes nombres que toman los biofertilizantes entre los más comunes tenemos: Té de humus, extractos, bioles, purines y lixiviados. Estos también se encuentran particularmente denominados según la materia prima a utilizar, a continuación presentamos los mas comunes utilizados en agricultura orgánica.

Lixiviados.- Son tradicionalmente considerados como un fertilizante líquido orgánico originado del compos o lombricompost. recientemente están siendo aplicados para el control de plagas y enfermedades por lo que se realizan estudios para encontrar y conocer los agentes que controlan diferentes patógenos. Los lixiviados tiene una gran abundancia y diversidad de microorganismos por lo cual son considerados pesticidas *per se* con el objetivo de competir con otros organismos por espacio, alimentación y sitio (34).

Dada la gran variedad de lixiviados es difícil determinar el número de microorganismos benéficos presentes. La forma de actuar de los lixiviados es que una vez aplicados lixiviados los microorganismos ocupan los nichos esenciales y consumen los exudados de los microorganismos patógenos deberían consumir infiriendo en su normal desarrollo (13).

Biol.- Se denomina biol al efluente líquido que se descarga de un digestor obtenido por filtración o decantación del bioabono, en donde se separa la parte líquida de la sólida, generalmente se produce con bovinaza, elementos nutritivos, malezas y levaduras que pasan a un proceso anaeróbico por varios días (29). El biol actúa como fuente orgánica fitoreguladora a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para las siguientes actividades agronómicas como: Enraizamiento, ampliación de la base foliar, mejoramiento de la floración y activación del vigor o poder germinativo de las semillas (71).

Las ventajas que el biol ofrece son numerosas, además de ser fácil su aplicación, su costo es insignificante , pues la elaboración depende mucho de los factores que se encuentre dentro del ecosistema en el sitio a realizar, principalmente se lo efectúa con estiércol bovino, leche, melaza, microorganismos, ceniza, agua entre otros elementos.

Purines.- Son soluciones muy parecidas a los bioles, tiene un proceso de fermentación aerobia y tienen un efecto similar al del fertilizante nitrogenado sintético ya que contiene nitrógeno en forma de amoníaco. La diferencia significativa es que además de poseer estiércol va incorporado por una especie vegetal (29, 39). Otro tipo de purín es el que está constituido por orina fermentada de animales que fluyen de los alojamientos especialmente de ganado o los que escurren del montón de estiércol, recogidos en una fosas (55). Los purines también se los clasifica según la cantidad de agua incorporada se los denomina como: Estiércoles fluidos (14 a 18 % de materia seca), Estiércol líquido (20 a 30 % de agua y de 9 a 12 % de materia seca) o Estiércol diluido (50 % de agua) (41).

Tés o extractos.- Se realizan o extraen particularmente de dos compuestos orgánicos como el bocashi, compost, lombricompost o excrementos frescos de los animales. La forma más sencilla de cómo su nombre lo dice es formar un té agregando dentro de un saco dos o tres kilos de cualquier de los materiales antes mencionados en un tanque con agua, procediendo a efectuar la fermentación durante lapso de tiempo, generalmente se lo aplica por medio de aspersiones.

Los extractos o té de compost son una técnica moderna, donde se coloca material maduro de compost en agua y se recoge un extracto fermentado, alimentado con una fuente energética, que permite un crecimiento de microorganismos benéficos. En cuanto a la composición microbiana presente en los extractos, se determinó que bacterias, hongos y protozoarios son componentes del compost que junto con sustancias químicas, como fenoles y aminoácidos inhiben las enfermedades a través de varios mecanismos, tales como aumento en la resistencia de la planta a la infección, antagonismo y competencia con el patógeno, entre otros (13, 78).

4.3. Aplicación y dosificación de los biofertilizantes.

Antes de la aplicación de los biofertilizantes es importante obtener un producto estándar, en donde los procesos de fermentación sean constantes, tanto al inicio como al final de la preparación del producto.

Los biofertilizantes deben ser producidos bajo procesos estandarizados para evitar la variabilidad de los efectos entre estos, la aplicación y dosificación se encuentran descritas a los análisis de suelo, como también de los mismos biofertilizantes líquidos a aplicarse para establecer las necesidades del cultivo.

Las aplicaciones generalmente se las realiza de forma foliar y radicular hacia las plantas. A continuación se presenta diversas formas y dosis de aplicación de distintos biofertilizantes. (34).

Bioles.

La aplicación recomendada es mediante aspersiones al follaje o al área radicular a través de riego en diluciones del 25% en los momentos de mayor actividad fisiológica de la planta (73).

Suquilanda (2001), estableció una comparación físico - química entre dos tipos de bioles; El primero elaborado con estiércol vacuno y agua en proporción 1:1 y el segundo con estiércol - alfalfa y agua .Tabla 2.

TABLA 2.

COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL BIOL PROVENIENTE DE ESTIÉRCOL VACUNO (BE) Y DE ESTIÉRCOL MÁS ALFALFA PICADA (BEA).

Componente	u	BE	BEA
Sólidos totales	%	5,6	9,9
Materia Org.	%	38	41,1
Fibra	%	20	26,2
Nitrógeno	%	1,6	2,7
Fósforo	%	0,2	0,3
Potasio	%	1,5	2,1
Calcio	%	0,2	0,4
Azufre	%	0,2	0,2
Ac.Indol Acét.	ng/g	12	67,1
Giberelinas	ng/g	9,7	20,5
Purinas	ng/g	9,3	24,4
Tiamina (B1)	ng/g	187,5	302,6
Riboflavina(B2)	ng/g	83,3	210,1
Piridoxina (B6)	ng/g	33,1	110,7
Ac.nicotínico	ng/g	10,8	35,8
Ac. fólico	ng/g	14,2	45,6
Cisteína	ng/g	9,2	27,4
Triptofano	ng/g	56,6	127,1

Purín

Se recomienda hacer aplicaciones quincenales al follaje de los cultivos a través del riego en diluciones del 25 % o disoluciones de 1

litro en 5 litros de agua fresca y aplicar la dilución. El purín se aplica al follaje en todos los cultivos como papa, maíz y hortalizas. También se recomienda aplicar 3 litros de purín en 15 litros de agua. Es recomendable utilizarlo en época de crecimiento de las plantas, dado que en esta etapa las plantas tienen capacidad de absorber el 50% de las sustancias nutritivas del purín. También se lo puede mezclar con hierbas amargas (marco, ortiga, etc.) y usarlo al mismo tiempo para controlar plagas y enfermedades (55, 71, 72).

Te o extractos

Se pueden hacer aplicaciones foliares cada quince días a través del riego, en diluciones del 25 al 50% (71). Se recomienda hacer aplicaciones foliares y radiculares cada semana en disoluciones de 5 litros del concentrado en 100 litros de agua (55).

Ingham, (2005) sugiere ciertos rangos en las cantidades de microorganismos presentes en té de compost que han sido estudiados y sugiere que la aplicación de un biopreparado con este tipo de microorganismos, en las cantidades expuestas en la tabla 3. El cual evita la colonización de organismos patógenos debido a la acción protectante que realiza la biomasa bacterial (65%) y fúngica (5%) en las hojas. También realizó otros estudios con té de compost que tenían propiedades supresoras y no supresoras de enfermedades las mismas que se detallan en la tabla 4.

TABLA 3.

RANGOS DE NIVELES MÍNIMOS DE MICROORGANISMOS DESEADOS EN EL TÉ DE COMPOST.

	Bacterias Activas μg	Bacterias totales μg	Hongos Activos μg	Hongos Totales μg	Protoz. Flag. #	Protoz. Ameb. #	Protoz. Ciliados. #	Nemát. Benéf. #
1 ml de Té de compost	10-150	150-300	02-oct	feb-20	1000	1000	20-50	210

TABLA 4.
COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TÉS CAPACES Y NO
CAPACES DE SUPRIMIR ENFERMEDADES.

	Té no supresor	Té supresor
Métodos de Plato		
Bacterias Aeróbicas	1.6 (0.5) x 10 ⁸	1.6(0.7) x 10 ⁸
Pseudomonas	5.0 (1.4) x 10 ³	1.2 (0.2) x 10 ³
Productores de celulosa	35 (12)	210 (43)
Bacillus	7.9 (0.4) x 10 ²	0.3 (0.1) x 10 ²
Microscopia directa		
Bacterias activas	8.0 (2.6)	12.7 (5)
Bacterias totales	25.1 (1.0)	245 (34)
Hongos activos	0.00	3.76
Hongos Totales	0.35 (0.12)	11.1 (2.33)
Cubierta bacteriana	27 (4.7)	86.9 (9.7)
Cubierta fúngica	0.00	5.1 (0.6)
Enfermedad (5 plantas de tomate)	Todas las plantas murieron en pocos días.	Todas las plantas vivieron y produjeron fruto.

4.4. Posible acción de los biofertilizantes líquidos contra la Sigatoka negra.

Se considera que si la Sigatoka negra no se combate con los métodos disponibles, la explotación comercial de banano orgánico puede desaparecer en pocos años (10 años). De tal manera que si no se aplican las medidas de

manejo las pérdidas pueden alcanzar el 100%, ya que la fruta producida no va a cumplir las exigencias actuales de mercado (63).

El combate con biofertilizantes es el control más usado en la producción orgánica de banano, los cuales están dirigidos a establecer la presencia de microorganismos y moléculas químicas con acción de antagonismo, parasitismo o bien de inducción de resistencia del patógeno, para reducir la tasa de infección del agente causal de la Sigatoka negra (63).

En el Ecuador, para controlar Sigatoka negra, se ha venido efectuando fumigaciones aéreas y terrestres con una amplia gama de fungicidas, en una frecuencia de alrededor de 24 ciclos/año, en la creencia de que mientras más aplicaciones de este tipo se hagan, se va a conseguir la protección de los cultivos, constituyendo esto, un error, pues las plantas tienden a debilitarse cada vez más, pierden sus defensas naturales y quedan expuestas a ataques más severos y agresivos del patógeno. Por los motivos señalados en el mantenimiento de la vida del suelo, con un buen contenido de nutrientes constituye la mejor estrategia para alimentar, vigorizar y potencializar a las

plantas a fin de que éstas puedan defenderse de manera natural del ataque tanto de patógenos como de insectos plaga (64, 72).

Se ha demostrado que a mayor fertilidad de los suelos es menor la severidad del ataque de la Sigatoka negra. Por lo tanto los nutrientes y correctivos deben aplicarse con base a los análisis de suelo y las necesidades del cultivo, como también, establecer un buen control de las labores culturales que deben estar dirigidas fundamentalmente a mantener el número adecuado de plantas por hectárea y a su vez por unidad productiva; a favorecer el crecimiento de plantas bien nutridas y vigorosas; a reducir la mojadura foliar; evitar la competencia de malezas y el combate de la enfermedad a través de lixiviados y bioles (63).

La eliminación parcial o total de las hojas infectadas es esencial para reducir la infección del inóculo y hacer mas efectiva las aspersiones con biofertilizantes (63).

El biofertilizante líquido promueve el equilibrio nutricional del suelo, aumenta su fertilidad natural estimulando a los microorganismos benéficos del suelo. Son ricos en minerales, aminoácidos, vitaminas y hormonas, también mejora el balance nutricional en las plantas, haciéndolas más resistentes al ataque de plagas y enfermedades originadas por el desequilibrio ambiental, es por eso que en algunos casos se le atribuye el efecto de actuar como repelente, fungicida o insecticida (55, 53).

Durante los últimos años, los agricultores reportan los efectos positivos que tienen los biofertilizantes obtenidos por fermentación anaeróbica y aeróbica contra el control de enfermedades en las plantas. Aunque por su inconsistencia en la elaboración de estos productos y debido a la variabilidad de la materia prima en los procesos de elaboración y aplicación, las investigaciones se encuentran muy prometedoras a obtener parámetros reales del uso de los biofertilizantes (66, 77).

Larco (2004), realizó investigaciones con lixiviados de diferentes tipos de compost sobre el desarrollo de *Sigatoka* negra, el cual concluyó que los lixiviados de compost de estiércol y de lombricompost de broza de café, presentaron características como protectantes que se pueden combinar o sustituir a productos químicos como el Clorotalonil, debido a la posible acción

de los microorganismos que existen o metabolitos que se puedan liberar durante el proceso anaeróbico y que afectan al patógeno reduciendo su severidad.

En algunas experiencias en Costa Rica con lixiviados obtenidos de la descomposición de cosechas y estiércol mezclado con residuos vegetales se han observado resultados positivos en la disminución de la severidad tanto a nivel de campo como en invernaderos, en un rango de 45 % de las plantas tratadas, atribuyéndole que el producto podría un efecto protectante al ser un compuesto graso que impediría la entrada del hongo a través de la superficie foliar. El efecto de este producto sobre el desarrollo de la enfermedad fue atribuido a la presencia de ácidos orgánicos en especial el ácido butanoico, cuyo contenido fue del 64.2% del total de compuestos presentes en el lixiviado (27).

CAPÍTULO 5

5. METODOLOGIA Y MANEJO DE LA INVESTIGACION.

5.1. Materiales y métodos.

La presente investigación fue orientada a la validación de las siguientes hipótesis:

1. “Los biofertilizantes líquidos inhiben el desarrollo normal de Sigatoka negra en las plantaciones establecidas”.
2. “Los biofertilizantes líquidos son fuentes nutritivas que al ser aplicados directamente al follaje y a la zona radicular mejoran las características agronómicas de las plantas”.

5.1.1.1. Material experimental.

Material Biológico.

Plantas de banano.

La hacienda bananera donde se realizó el experimento tiene como material vegetal, plantas de banano, que corresponde a la variedad Williams (grupo Cavendish, AAA). Esta hacienda se dedica a la producción de banano orgánico desde hace más de 10 años.

Biofertilizantes líquidos.

Los biofertilizantes evaluados se recolectaron en la misma hacienda que posee un área destinada a la elaboración de fertilizantes orgánicos. Se evaluaron dos tipos de biofertilizantes líquidos y sus mezclas: biofertilizante foliar, biofertilizante radicular y biofertilizante foliar + radicular.

Preparación de los productos orgánicos utilizados.

Los biofertilizantes empleados en este estudio fueron elaborados mediante fermentación anaeróbica. Las materias primas correspondieron a: 40 Kg de estiércol vacuno fresco, 4L de melaza de caña de azúcar, 4L de microorganismos benéficos (EM).

Una vez terminados los productos, se les incorporó sales minerales que establecen la diferenciación entre los dos tipos de biofertilizantes usados en el experimento, como indica la tabla 5.

TABLA 5.

SALES MINERALES QUE SE INCORPORARON A LOS BIOFERTILIZANTES.

Biofertilizante Foliar

Borax	0,9 - 1,3
Sulfato de cobre	0,9 - 1,3
Sulfato de Manganeso	0,9 - 1,3
Sulfato de Zinc	0,9 - 1,3
Sulfato de Magnesio	0,9 - 1,3

Biofertilizante Radicular

Potasio Magnesico	3,2 - 6,4
Roca Fosforica	3,2 - 6,4
Borax	0,9 - 1,3
Sulfato de cobre	0,9 - 1,3
Sulfato de Manganeso	0,9 - 1,3
Sulfato de Zinc	0,9 - 1,3
Sulfato de Magnesio	0,9 - 1,3

Una vez que se han depositado las materias primas y las sales minerales en un tanque de plástico de 200 litros, el volumen restante del se completó con agua (aproximadamente 150 litros), teniendo en cuenta que se dejó 20 cm de espacio con respecto a la tapa del tanque para permitir la salida de los gases que se producen. Luego se procede a sellarlo herméticamente para que se inicie el proceso de fermentación anaeróbico, donde el principal factor a controlar es la salida de los gases de forma normal al exterior.

Este proceso tiene una duración de 90 días, mientras se observe la salida del metano, producto del proceso de fermentación que demuestra la actividad del microorganismo en su proceso de degradación.

Una vez culminado este proceso se procede a pasar en filtros el producto y su medición de pH, separando así la parte sólida de la líquida; la parte líquida corresponde al biofertilizante que se aplica foliar y radicularmente en la plantación, cabe recalcar que el mismo proceso lleva en la preparación de los dos tipos de biofertilizantes, con la diferencia en los ingredientes antes mencionados.

5.1.1.2. Materiales de Campo.

Para el establecimiento y seguimiento del ensayo se utilizaron los siguientes materiales: letreros, podón, marcadores, bitácoras de toma de datos.

Para la aplicación de los biofertilizantes en los ensayos se utilizaron los siguientes materiales:

- 1.- Bomba de motor nuvola, para la aplicación del biofertilizante foliar.
- 2.- Bomba de mochila CP3, para la aplicación del biofertilizante radicular.
3. Equipo de aplicación (guantes, mascarilla, gafas y overol).

5.2. Ubicación del Experimento.

5.2.1.1. Ubicación Geográfica.

La presente investigación se realizó en la hacienda San Humberto 1 en el sector número 3, que tiene una extensión de 1,3 hectáreas, que se encuentran ubicada en el kilómetro 20 vía Duran-Tambo, a 2 kilómetros sobre la vía a Taura, en la parroquia Taura, cantón Duran, provincia del Guayas, dedicada a la producción de banano orgánico. Sus coordenadas son: S 02°15`36` S y 079°42`32` W.

5.2.1.2. Características Edafo – climáticas del Experimento

Las características de la zona donde se realizó el experimento son:

Ubicación (msnm)	10,5
Temperatura maxima (° C).	30,6
Temperatura minima (° C)	20,4
Precipitación anual promedio (mm)	850
Humedad relativa promedio (%)	80
Clase de suelo	Franco arenoso

5.3. Metodología de la investigación.

Determinación del área para el experimento.

En la hacienda San Humberto 1 se tomo un área aproximada de 650 m² en sector 3, el cual consta de una densidad de 1400 plantas por hectárea. Este sector esta ubicado a un costado de la estación de bombeo y el campamento de elaboración compuestos orgánicos. El área escogida presentó características agronómicas favorables de suelo y drenaje, así como también tiene un sistema tecnificado de riego por aspersión. Las plantas seleccionadas para los tratamientos se efectuaron bajo parámetros fisiológicos de edad, desarrollo y ubicación en el terreno, tomando así por medio de una distribución aleatoria la selección como su distribución en la parcela.

Para cumplir los objetivos planteados se distribuyó el experimento en dos ensayos: El primero se destinó a la evaluación de las plantas seleccionadas, denominadas plantas madres. La evaluación de estas se mantuvo hasta la emisión de la flor. La segunda parte se destino a la evaluación de la planta hijo. Se instaló cuatro tratamientos con tres repeticiones. Cada tratamiento constó de 40 plantas y los bordes entre cada parcela de tratamiento fueron delimitadas por dos hileras de plantas.

Cada tratamiento y repetición fueron señalados con su respectivo cartel indicando el número de tratamiento y el número de repetición asignada, así como también el número de planta a evaluar, tanto para el primer ensayo como el segundo. A continuación se detallan:

Tratamiento 1: Control (sin aplicación de biofertilizantes)

Tratamiento 2: Aplicación biofertilizante foliar

Tratamiento 3: Aplicación biofertilizante radicular

Tratamiento 4: Aplicación biofertilizante foliar + radicular.

Las dosis de aplicación utilizadas de los biofertilizantes fueron: biofertilizante foliar de 10 Lts/Ha. y biofertilizante radicular de 6 Lts/Ha. Las aplicaciones se realizaron semanales durante todo el experimento.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Se empleo estadística descriptiva univariada para la estimación de parámetros de tendencia central y dispersión. Estadística inferencial, análisis de varianza (ANOVA) y teorema de límite central. Se empleo para analizar variables cuantitativas como, área bajo la curva para el progreso de la enfermedad (IND) y parámetros agronómicos como altura, diámetro, emisión foliar, hoja joven enferma. El grado de infección de la enfermedad fue analizado por pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis Todos los datos fueron analizados mediante la versión 11 SPSS y MINITAB 13 para Windows.

Plantas Madres y plantas hijas.

Cada experimento constó de 4 tratamientos con tres repeticiones, dispuestos en un diseño de un bloque completamente al azar. En cada tratamiento se evaluó 20 plantas por siete meses en la primera fase (plantas madres) y 10 plantas por dos meses en la segunda (plantas hijas).

5.4. Parámetros Evaluados.

Parámetros agronómicos.

Altura de planta. Este parámetro se tomo en intervalos de quince días y se midió la longitud de la planta, desde la base hasta la inserción de la primera hoja verdadera y la hoja bandera utilizando un flexómetro.

Diámetro de la planta.- Se midió una vez cada quince días el diámetro del pseudotallo a la altura de un metro desde de la base de la planta, utilizando un flexómetro.

Emisión foliar.- Semanalmente se realizó un conteo del total de hojas emitidas por la planta desde el inicio de las aplicaciones.

Parámetros Fitosanitarios.

Severidad de Sigatoka.- Fue monitoreado semanalmente de acuerdo al método de Stover modificado por Ghaul, el cual dio los datos porcentuales de la severidad de Sigatoka negra.

La forma de evaluación de la incidencia de la enfermedad fue la siguiente:

0 = para hojas con ausencia de síntomas,

1 = para hojas que presenten hasta 10 manchas.

2 = Para hojas que presenten menos del 5% del área enferma.

3 = Para hojas que presenten de 6 a 15% del área foliar enferma.

4 = Para hojas que presenten de 16 a 33% del área foliar enferma.

5 = Para hojas que presenten el 34 a 50% del área foliar enferma.

6= Para hojas que presenten mas del 50 % del área foliar enferma.

Sistema de Preaviso.- Este parámetro se tomo semanalmente según el método desarrollado por Ganry y Meyer (26) y mejorado por Ternesien y Foure (76). El cual dio los datos de los estadios del desarrollo de la enfermedad.

La forma de evaluación del sistema de preaviso biológico fue la siguiente:

1= Pequeña decoloración o despigmentación que solo es observado en el envés. Incluye una pequeña pizca de color café rojizo dentro del área decolorada. No es visible a través de la luz.

2= Pequeña estría de color café rojizo en el haz y el envés.

3= La estría aumenta de color café rojizo visible en el haz y envés.

4= Hay cambio de color café oscuro y negro .Se considera este síntoma como mancha.

5= La mancha negra esta rodeada de un halo amarillo (Clorótico).

6= La mancha nuevamente sufre cambios de color, empieza a deprimirse y en las zonas mas claras (gris-blanco) se observan los peritecios (puntos negros).

Parámetros Nutricionales.

Análisis foliar.- Se tomo muestras aleatoria dentro de cada tratamiento. Las muestras foliares se las tomaron de la hoja N°. 3 contada de arriba a bajo, en la mitad central de la hoja de una faja de 10 cm, a ambos lados de la nervadura central. Los valores fueron analizados con respecto a la tabla de los valores críticos de los elementos en plantaciones de banano para establecer las respectivas comparaciones. Ver anexo 3.

Análisis de Suelo.- Para las muestras de suelo, se tomo sub-muestras en cada tratamiento de manera aleatoria a una profundidad de 30 cm. con un barreno dejando unos 40 cm. de distancias con referente a las plantas. Esta labor se realizó al principio y al final de la investigación.

5.5. Resultados y discusión.

Evaluación de los parámetros Agronómicos.

El efecto del biofertilizante foliar, radicular y sus mezclas sobre la altura de plantas madres e hijas se muestra en la tabla 6.

TABLA 6
ÁREA BAJO LA CURVA DEL PARÁMETRO ALTURA DE PLANTAS DE BANANO, VARIEDAD WILLIAMS (CAVENDISH, AAA).

Altura de Planta		
Tratamientos	Plantas madres	Plantas hijas
Control	2660,63 b	722,50 c
Biofertilizante Foliar	2788,83 a	751,06 b
Biofertilizante Radicular	2758,10 a b	787,23 a
Biofertilizante Foliar + Radicular	2747,68 a b	757,30 b

Los promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, prueba de Duncan ($p=0.05$) (plantas madres $n= 60$. CV = 9.8 y plantas hijas $n= 30$. CV = 4.5)

La tabla indica que el mayor valor en el parámetro altura entre los tratamientos fue el tratamiento biofertilizante foliar en las plantas madres y el biofertilizante radicular en las plantas hijas, los mismo que presentan diferencias significativas con el control. Los tratamientos restantes en las plantas madres no presentaron

diferencias estadísticas. En las plantas hijas al igual que tratamiento de aplicación del biofertilizante radicular, el foliar + radicular también presentando diferencias estadísticas significativas con el control.

El efecto del biofertilizante foliar, radicular y sus mezclas sobre el diámetro de plantas madres e hijas se muestra en la tabla 7.

TABLA 7.
ÁREA BAJO LA CURVA DEL PARÁMETRO DIÁMETRO EN LAS PLANTAS DE BANANO, VARIEDAD WILLIAMS (CAVENDISH, AAA).

Diámetro de Plantas		
Tratamientos	Plantas madres	Plantas hijas
Control	609,30 b	152,60 b
Biofertilizante Foliar	654,66 a	158,90 a b
Biofertilizante Radicular	641,46 a	165,36 a
Biofertilizante Foliar + Radicular	634,45 a	164,73 a

Los promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, prueba de Duncan (p=0.05) (Plantas madres n= 60. CV = 10.8 y Plantas hijas n= 30. CV = 8.

Los mayores valores en el parámetro de diámetro de plantas fueron los tratamientos de aplicación del biofertilizante foliar en las plantas madres y radicular en las plantas hijas.

Todos los tratamientos en las plantas madres mostraron significancia estadística con el control. En las plantas hijas, además del tratamiento radicular y el foliar + radicular también presentó diferencias estadísticas significativas con el control.

El efecto del biofertilizante foliar, radicular y sus mezclas sobre el índice de emisión foliar se muestra en la tabla 8.

TABLA 8.

ÁREA BAJO LA CURVA DEL PARÁMETRO ÍNDICE DE EMISIÓN FOLIAR EN PLANTAS DE BANANO, VARIEDAD WILLIAMS (CAVENDISH, AAA).

Emisión foliar

Tratamientos	Plantas madres	Plantas hijas
Control	12,36 a	5,06 c
Biofertilizantes Foliar	12,93 a	5,49 b
Biofertilizante Radicular	12,83 a	5,44 b
Biofertilizante Foliar + Radicular	12,97 a	6,02 a

Los promedios con letras iguales en las columnas, no difieren estadísticamente, prueba de Duncan ($p=0.05$) (plantas madres $n= 60$. CV = 16 y plantas hijas $n= 30$. CV = 7.5).

En el parámetro de emisión foliar entre los tratamiento de las plantas madres no se presentaron diferencias significativas. El valor mayor fue el del tratamiento de aplicación del biofertilizante foliar + radicular (14 hojas reales).

En las plantas hijas todos los tratamientos presentaron diferencias estadísticas con el control y el tratamiento foliar fue el que presento el mayor valor (6 hojas reales).

Evaluación de los parámetros sanitarios

El efecto del biofertilizante foliar, radicular y sus mezclas sobre el Índice de infección *M. fijiensis* de plantas madres e hijas se presentan en la tabla 9.

TABLA 9.
PORCENTAJE DEL DAÑO CAUSADO POR SIGATOKA NEGRA MEDIDO POR LA ESCALA DE STOVER MODIFICADO POR GAULD, EN PLANTAS DE BANANO, VARIEDAD WILLIAMS (CAVENDISH, AAA).

Porcentaje de Infección		
Tratamientos	Plantas madres	Plantas hijas
Control	18,92 a	15,73 c
Biofertilizante Foliar	10,92 a b	5,91 a
Biofertilizante Radicular	14,34 b	9,12 b
Biofertilizante Foliar + Radicular	7,69 a	5,38 a

Los promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, prueba de Duncan ($p=0.05$) (Plantas madres $n= 60$. CV = 9.8 y Plantas hijas $n= 30$. CV = 6.4).

El menor porcentaje de daños causados por Sigatoka negra se encontró en los tratamientos de aplicación de la mezcla biofertilizante foliar + radicular, seguido por el tratamiento foliar en las plantas madres e hijas. En el tratamiento control se presentó el valor mayor de porcentaje de infección por Sigatoka negra. Tanto las plantas madres como la primera generación, mostraron significancias estadísticas entre los tratamientos.

El efecto del biofertilizante foliar, radicular y sus mezclas sobre la hoja mas joven enferma de plantas madres e hijas se muestran en la tabla 10.

TABLA 10.

**ÁREA BAJO LA CURVA DEL PARÁMETRO DE LA HOJA MAS JOVEN
ENFERMA EN LAS PLANTAS DE BANANO, VARIEDAD WILLIAMS
(CAVENDISH, AAA).**

Hoja mas joven enferma

Tratamientos	Plantas madres	Plantas hijas
Control	51,36 a	52,60 c
Biofertilizante Foliar	46,58 a	32,26 a
Biofertilizante Radicular	46,80 a	44,82 b c
Biofertilizante Foliar + Radicular	39,63 a	39,30 a b

Los promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, prueba de Duncan ($p=0.05$) (Plantas madres $n= 60$. CV =7.36 y Plantas hijas $n= 30$. CV = 5).

Valores inferiores en el parámetro de hoja mas joven enferma, se presentaron en el tratamiento biofertilizante foliar + radicular en plantas madres y en el foliar en plantas hijas.

El valor mayor de infección de la hoja mas joven enferma se dio en el tratamiento control tanto en plantas madres como las de primera generación. Todos los tratamientos en las plantas madres no difirieron estadísticamente frente al control. En las plantas hijas los tratamientos de biofertilizante foliar y foliar + radicular presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto al control.

El efecto del biofertilizante foliar, radicular y sus mezclas sobre el desarrollo de *M. fijiensis* de plantas madres e hijas se muestran en la tabla 11.

TABLA 11.
FRECUENCIA DE SÍNTOMAS DE *M. FIJENSIS* EN PLANTAS DE BANANO, VARIEDAD WILLIAMS (CAVENDISH, AAA).

Tratamientos	Fecuencia de Sintomas (%)				
	Plantas Madres			Plantas Hijas	
	H 3	H 4		H 3	H 4
	1	1	2	1	1
Control	8,80	46,60	3,40	13,75	53,00
Biofertilizante Foliar	2,40	22,80	3,00	2,50	36,00
Biofertilizante Radicular	3,00	28,50	0,60	5,00	40,00
Biofertilizante Foliar + Radicular	1,80	17,00	0,00	4,60	29,00
Significancia	0.00*		0,00*	0,00*	0,00*

* Diferencias significativas $p=0,05$

La tabla indica los valores de frecuencia del los síntomas: pizca (1) y mancha (2) en las plantas madres e hijas en la hoja numero 3 (H3) y en la hoja numero 4 (H4).

En las plantas madres la H3 presentó los valores mas altos de frecuencia del síntoma pizca en el tratamiento control. La H4 mostró tanto síntomas iniciales como la pizca y síntomas avanzados como mancha, presentando los mayores

índices en el tratamiento control. Con respecto a las plantas hijas solo se presento el síntoma iníciales de pizca en H3 y H4, mostrando un mayor valor el tratamiento control.

Es importante mencionar que las plantas madres e hijas, que recibieron el tratamiento biofertilizante foliar + radicular presentaron los menores índices de frecuencia de los síntomas de la enfermedad

Evaluación de los parámetros nutricionales.

El efecto del biofertilizante foliar, radicular y sus mezclas sobre el estado nutricional de plantas madres e hijas se muestra en la tabla 12 y 13. En la tabla 14. se presenta la caracterización química de las muestra de suelo de los tratamientos que se aplico los biofertilizantes.

TABLA 12.
CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LAS PLANTAS DE BANANO,
EVALUADOS EN REFERENCIA A LA TABLA DEL VALOR CRÍTICO DE
ELEMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BANANO.

Elementos	TRATAMIENTOS							
	CONTROL		BIOFER. FOLIAR		BIOFER. RADICULAR		BIOFER. FOLIAR Y RADICULAR	
	Media ± ES	Valor p	Media ± ES	Valor p	Media ± ES	Valor p	Media ± ES	Valor p
Macronutrientes								
(%)								
N	2,74 ± 0,39	0,61	2,71 ± 0,17	0,68	2,71 ± 0,17	0,68	2,79 ± 0,28	0,69
P	0,37 ± 0,00	C.	0,34 ± 0,01	0,98	0,34 ± 0,01	0,98	0,34 ± 0,02	0,96
K	4,23 ± 0,13	0,94	4,40 ± 0,20	0,92	4,40 ± 0,20	0,92	4,15 ± 0,25	0,86
Ca	0,73 ± 0,04	0,07	0,82 ± 0,12	0,30	0,82 ± 0,12	0,30	0,79 ± 0,07	0,18
S	0,41 ± 0,03	0,96	0,43 ± 0,04	0,92	0,43 ± 0,04	0,92	0,42 ± 0,06	0,86
Mg	0,44 ± 0,04	0,92	0,29 ± 0,00	C.	0,29 ± 0,00	C.	0,30 ± 0,04	0,89
Micronutrientes								
(ppm)								
Zn	20,15 ± 5,95	0,02*	17,10 ± 0,60	0,019*	17,10 ± 0,60	0,019*	19,85 ± 0,95	0,042*
Cu	10,85 ± 2,05	0,77	10,85 ± 0,15	0,98	10,85 ± 0,15	0,98	11,55 ± 2,65	0,77
Fe	125,50 ± 14,10	0,92	146,75 ± 4,25	0,98	146,75 ± 4,25	0,98	135,00 ± 33,30	0,85
Mn	140,10 ± 14,50	0,029*	108,70 ± 15,00	0,025*	108,70 ± 15,00	0,025*	160,70 ± 43,50	0,10
B	33,24 ± 2,21	0,94	45,97 ± 2,73	0,97	45,97 ± 2,73	0,97	42,85 ± 1,17	0,98

* Significativamente menor al valor crítico

C= valor constante

La tabla muestra que en los diferentes tratamientos los macronutrientes no presentaron elementos con valores significativamente menores al valor crítico. En los micronutrientes el Zinc presentó valores menores al valor crítico en todos los tratamientos. El manganeso presentó la misma tendencia anteriormente mencionada, con excepción del tratamiento biofertilizante foliar + radicular.

TABLA 13.
CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LAS PLANTAS DE BANANO,
EVALUADOS EN REFERENCIA A LA TABLA DEL VALOR CRÍTICO DE
ELEMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BANANO.

Elementos	TRATAMIENTOS							
	CONTROL		BIOFERT. FOLIAR		BIOFERT. RADICULAR		BIOFERT. FOLIAR Y RADICULAR	
	Media ± ES	Valor p	Media ± ES	Valor p	Media ± ES	Valor p	Media ± ES	Valor p
Macronutrientes								
(%)								
N	2,74 ± 0,39	0,39	2,71 ± 0,17	0,32	2,79 ± 0,28	0,31	2,92 ± 0,30	0,24
P	0,37 ± 0,00	C.	0,34 ± 0,01	0,019*	0,34 ± 0,02	0,04*	0,33 ± 0,04	0,07
K	4,23 ± 0,13	0,06	4,40 ± 0,20	0,08	4,15 ± 0,25	0,14	4,00 ± 0,40	0,25
Ca	0,73 ± 0,04	0,93	0,82 ± 0,12	0,70	0,79 ± 0,07	0,82	0,77 ± 0,01	0,99
S	0,44 ± 0,04	0,08	0,43 ± 0,04	0,08	0,42 ± 0,06	0,14	0,40 ± 0,06	0,15
Mg	0,41 ± 0,03	0,06	0,29 ± 0,00	C.	0,30 ± 0,04	0,11	0,32 ± 0,03	0,07
Micronutrientes								
(ppm)								
Zn	20,75 ± 5,95	0,76	17,10 ± 0,60	0,98	19,85 ± 0,95	0,96	18,20 ± 0,00	C.
Cu	10,85 ± 2,05	0,23	10,85 ± 0,15	0,02*	11,55 ± 2,65	0,23	12,70 ± 0,10	0,01*
Fe	125,50 ± 14,10	0,08	146,75 ± 4,25	0,02*	135,00 ± 33,30	0,16	144,10 ± 2,60	0,01*
Mn	140,10 ± 14,50	0,97	108,70 ± 15,00	0,98	160,70 ± 43,50	0,90	199,40 ± 67,20	0,81
B	33,24 ± 2,21	0,06	45,97 ± 2,73	0,03*	42,85 ± 1,17	0,02*	62,47 ± 0,26	0,00*

* Significativamente mayor al valor crítico

C= valor constante

Por otro lado, cuando las muestras fueron analizadas en los valores superiores a los críticos, el macronutriente Fósforo fue altamente significativo en los tratamientos de biofertilizantes tanto foliar como radicular. En los micronutrientes el Boro presentó valores significativamente mayores al valor crítico en todos los tratamientos excepto en el control. El Cobre y Hierro presentaron la misma tendencia en los tratamientos de aplicación de biofertilizante foliar y radicular.

TABLA 15.

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE SUELO DE LOS
TRATAMIENTOS DE APLICACIÓN DE LOS BIOFERTILIZANTES FOLIARES,
RADICULARES Y SUS MEZCLAS.**

Elementos	TRATAMIENTOS			
	CONTROL	Biofertilizante Foliar	Biofertilizante Radicular	Biofer. Foliar + Radicular
	Macronutrinetes			
NH4 * (ppm)	4,50	7,50	6,69	9,17
P	13,50	20,00	18,75	16,25
K	108,23	161,36	120,05	151,16
Ca	6643,18	6927,99	7397,62	7494,82
Mg	1867,20	1927,20	2184,60	2086,35
Na	38,53	42,84	55,42	47,92
S	24,95	31,17	40,83	39,59
	Micronutrientes			
Cu	7,30	8,15	8,90	6,91
Fe	44,25	44,38	47,18	46,77
Mn	8,43	11,29	13,01	11,43
Zn	4,68	4,44	4,15	3,88
B	0,37	0,76	0,94	0,68

*(%)

La siguiente tabla presenta los valores de concentración de los macro y micronutrientes en los tratamientos. En los macronutrientes se presentaron una mayor concentración en todos los elementos de los tratamientos que se aplicaron los biofertilizante foliares, radiculares y sus mezclas. En los micronutrientes a excepción del Zn en el tratamiento de aplicación de biofertilizante foliar, todos los elementos presentaron la misma tendencia. Es importante recalcar que Potasio y

Boro se encuentran en niveles bajos al valor normal y los elementos como el Magnesio y Cobre presentan niveles en exceso con respecto al mismo

Discusión

Brinton, (1996) demostró que la aplicación de biofertilizantes anaeróbicos líquidos elaborados con distintos tipos de materia prima redujeron los índices de infección de Mildiú Polvoso en el cultivo de tomate y Fusarium en manzano, estos estudios ayudan a confirmar que la acción los biofertilizantes es válida también en banano ante la presencia del patógeno causante de la Sigatoka negra.

Estudios realizados por García y Apezteguia, (2001) en el cultivo de banano con biofertilizantes a partir de desechos de banano se encontró que las plantas tratadas presentaron un 45 % menos de infección de Sigatoka negra comparado con el testigo, gracias a estos estudios se puede corroborar la acción que tiene

los biofertilizantes elaborados con otro tipo de materia prima sobre el índice de infección de la enfermedad.

Según estudios hechos por Larco, (2004) sobre lixiviados de diferentes tipos de compost, se observó que los productos presentaron características protectantes e inhibieron el desarrollo normal de Sigatoka negra atribuyéndoles al posible acción a los microorganismos presentes o metabolismos que se liberan en el proceso de acción y que afectan al patógeno, lo que confirma la acción que tienen los productos orgánicos como los biofertilizantes estudiados sobre la protección de plantas a las enfermedades.

Suquilanda, (1998) realizó estudios con bioles para promover la actividades fisiológicas de las plantas en viveros, obteniendo así un mayor crecimiento, desarrollo foliar, capacidad de enraizamiento en plantas tratadas con bioles. De manera que ratifica los beneficios que brinda los biofertilizantes en las actividades de crecimiento y nutrición.

Con el presente estudio se puede establecer que los biofertilizantes líquidos foliares, radicales y sus mezclas inhiben el crecimiento normal de *M. fijiensis*, siendo el más efectivo la mezcla de estos. Sin embargo los efectos dados durante el tiempo dependen del momento y los insumos utilizados en la elaboración, así como de la concentración y forma de aplicación. Con respecto a los parámetros de crecimientos se demostró que también la mezcla de los biofertilizantes foliares y radicales mejoran las características agronómicas de las plantas en condiciones de campo, ratificando así la acción promotora que tiene los biofertilizantes de las actividades fisiológicas en las plantas. En el aspecto nutricional en los macronutrientes se estableció valores superiores a los requeridos en las plantaciones establecidas de banano. En los micronutrientes los elementos como el cobre, hierro y boro presentaron la misma tendencia.

Esta investigación se ha demostrado que hay un gran potencial en el uso de los biofertilizantes para el control de *M. fijiensis*, así como también en los efectos positivos sobre los parámetros de crecimientos y nutricionales en las plantas mediante la aplicación de un producto de fácil elaboración y aplicación, sin embargo se necesita identificar en posteriores investigaciones el efecto exacto

que tiene los biofertilizantes sobre el patógeno y la planta, así como la estandarización en los procesos de elaboración para establecer una divulgación mas precisa.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES:

1. Los biofertilizantes foliares, radiculares y sus mezclas estudiados en este experimento inhiben el crecimiento normal de Sigatoka negra en condiciones de campo. Presentando una mayor efectividad la aplicación de la mezcla de los dos tipos de biofertilizantes.

2. Los biofertilizantes foliares, radicular y sus mezclas mejoran las características agronómicas de las plantas en condiciones de campo.

3. En el estado nutricional de las plantas los macronutrientes como el fósforo (P), presentó valores superiores a los requeridos nutricionalmente en los tratamientos que se aplicaron los biofertilizantes. En los micronutrientes, el cobre (Cu), hierro (Fe) y boro (B) mostraron la misma tendencia solo en los tratamientos que se aplicó los biofertilizantes.

4. Elementos como el zinc (Zn) y el manganeso (Mn) presentaron valores inferiores a los requeridos nutricionalmente en todos los tratamientos evaluados. Es importante señalar que los elementos no mencionados se mantuvieron dentro del nivel normal requeridos en plantaciones de banano establecidas.

6.2. RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda continuar con el estudio de los biofertilizantes utilizando diferentes dosis por hectárea en la aplicación de plantaciones orgánicas establecidas.
2. Se recomienda realizar análisis químicos, adicionales a los nutricionales, en cuanto a los biofertilizantes presentes, con el fin de determinar el elemento responsable de la inhibición de Sigatoka negra.
3. Se recomienda establecer un monitoreo de los distintos biofertilizantes preparados por medio de análisis químicos en la hacienda.

APENDICES

APENDICE 4.

Tabla de niveles de nutrientes críticos en banano, usando la tercera hoja como muestra.

Elementos	Niveles Críticos
%	
N	2,6
P	0,17
K	3,6
Ca	0,9
Mg	0,29
S	0,2
ppm	
Cu	8,5
Fe	72
Zn	27
B	21
Mn	300

FUENTE: IMPOFOS, 1992.

APENDICE 3.

ALMACENAMIENTO Y APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES.



APENDICE 5.

Muestra foliar de hoja numero 3. de banano.

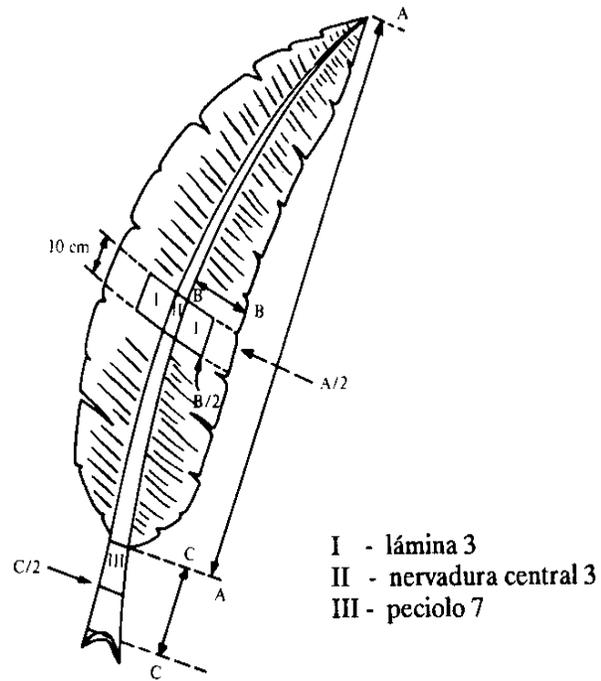


Fig. 14. Procedimiento de muestreo para hojas de banano.

Fuente : IMPOFOS, 1992.

BIBLIOGRAFÍA

1. AEBE. 2005 Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador. Base de datos estadísticos del 2005. <http://www.aebe.com.ec> (visitado, agosto 2007).
2. Altieri, M. 1999. Agroecológica. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo Editorial Nordan - Comunidad. Costa Rica. 338 p.

3. Arango, O. 2000. Manejo de sustratos para el control biológico de Sigatoka negra en el cultivo de banano. Tesis de Maestría. Turrialba. Costa Rica.

4. Arciniegas, A. 2002. Evaluación del potencial antifúngico de 20 extractos de plantas asociadas a Musáceas sobre *Mycosphaerella fijiensis*. Tesis de grado. Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Ibagué. Colombia. 155p.

5. Arévalo, J. 1998. Efecto del bioabono líquido en la producción de pastos y en la fertilidad del suelo. Cajamarca. Perú.

6. Balint, K., Pji, Jin. , Churchill, M., Clardy, J., May, G. 1999. Analyses of pathogenecityby *Mycosphaerella* pathogens of bananas. Thompsun Institute for Plant Research, Molecular Mycology Center, Ithaca. NY. USA.

7. Brenes, L. 1994. Elementos básicos y comunes de los distintos movimientos de agricultura alternativa. Sección de Agricultura Orgánica en el V Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. San José. Costa Rica.

8. Brinton, W., Trankner, A. y Droffner, M. 1996. Investigations into liquid compost extracts. *Biocycle* 37:11 68-70.

9. CATIE. 2003. Perfil de mercado. Banano fruta sostenible. Costa Rica. <http://www.catie.ac.cr/>. (visitado, julio 2007).

10. Carlier, J. , Foure, E., Gauhl, F., Jones, D. , Lepoivre, P., Mourinchon, X., Pasberg – Gauhl, C. and Romero. 2000. Fungal Disease of foliage. In: Jones D. (ed) *Disease of Banana, Abaca and Ensete*. CAB international. UK pp 37-39

11. Cheesman, E. 1948. Classification of the Bananas. III. Critical Notes on Species.
c. *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L., en *Kew Bulletin*. 2(3): 145–153.

12. Cooz, R., Chávez, L. 1992. Informe Técnico sobre la situación actual de la *Sigatoka negra* en el sur del Lago de Maracaibo. UNISUR, FONAIAP. Chama. Venezuela. pp 1-10.

13. Diver, S. 2001. Notes on Compost Teas: A 2001 supplement to the ATTRA publication: Compost Teas for Plant Disease Control. ATTRA, Fayetteville, AR.
<http://attra.ncat.org/attra-pub/compost-tea-notes.htm> (visitado, agosto 2007).

14. Eurofruit Magazine. 1999. Cutting the retail price. Ed 6. October. 129p.

15. Ex – Programa Nacional del Banano. 2001. El cultivo del Banano. SICA, Servicio de Información y Censo Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador Programa Nacional del Banano.
http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_productos/banano.pdf (consultado, agosto, 2007)

16. FAO. 2000. Lanzamiento de prensa 99/28. <http://www.fao.org>. (visitado, mayo 2007).

17. FAO. 2001. Mercado del Banano biológico y de Comercio Equitativo. <http://www.fao.org>. (visitado, agosto del 2007).

18. FAO. 2001. Statistical database agriculture. Roma .[http// :www.fao.org](http://www.fao.org). (visitado, junio 2007).

19. FAO, 2004. FAO Trade Policy Technical Briefs - No. 3. [http// :www.fao.org](http://www.fao.org). (visitado, junio 2007).

20. FAO, 2007. FAOSTAT. <http://faostat.frao.org>. (consultado, julio 2007).
21. Flores, L. 1994. Liberación de nutrimentos para los residuos vegetales de los suelos bajo cultivos de banano. Musarama. INIBAP. Vol 7. Costa Rica.
22. Fouré, E. 1985. Les Cercosporioses du bananier et leurs traitements comportement des variétés. Etude de la sensibilité variétale des bananier et plantains a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet au Gabon .Fruits 40: 339-399.report of black Sigatoka disease form Trinidad. New Disease Report. BSPP 10 : August 2004 – January 2005.
23. Fouré, E.; Mouloum, P. ; Mourichon, X. 1990. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et des plantains à *Mycosphaerella fijiensis* Morelet au Cameroun. Caractérisation de la résistance au champ des bananiers appartenant à divers groupes génétiques. Fruits 45:339-345.

24. Fourtune, M., Chow S. Dibat. A., Hill, A., Rambaran, N. 2005. Frist report of black Sigatoka disease form Trinidad. New Disease Report. BSPP 10: August 2004 – January 2005.
25. Frison, E. and S, Sharrock. 1998. The economic, social and nutritional importance of banana in the word. In: C. Picq, E. Fourè and E.A. Frison (eds). Bananas and Food Security .Les productions bananières International Network for the Improvement of Banana and Plantain Montpellier. France, pp 21–35.
26. Ganry, J., Laville, E. 1983. Les cercosporiosis des bananiers et Xeurs traitements Evolution des méthodes de traitement. 1. Traitement fongicides. 2. Avertissement. Fruit 38 1:3-20.
27. García, E. y Apeztequia, H. 2001. Estudio de lixiviado de compost y su efecto sobre el control de Sigatoka negra, *M. fijiensis* Morelet y el crecimiento del cultivo de banano. Guácimo. Costa Rica.

28. Gauhl, F. 1994. Epidemiology and Ecology of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana (*Musa* spp.) in Costa Rica, INIBAP, Montpellier. France. 120p.
29. Gómez, J. 2000. Abonos Orgánicos. Feriva SA. Cali. Colombia. pp. 64-107.
30. Gonzales, M. 1987. Enfermedades del Cultivo del banano. Oficina de publicaciones de la universidad de Costa Rica, San José. Costa Rica. 89p.
31. IFOAM. 1996. Basic standards for organic agricultura and processing. IFOAM. General Assemble at Copenhagen. Denmark.
32. IICA. 2004. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. Documento Técnico para la competitividad de la cadena Plantación –Harina. Puré –Banano. [http// : www.iica-ecuador.org](http://www.iica-ecuador.org). (visitado, junio 2007).

33. INFOAGRO. 2002. Agricultura Ecológica. Principios básicos. <http://www.infoagro.com>. (visitado, junio 2007).
34. Ingham, E. 2005. The compost tea brewing manual. 5th edition. Soil Food web Incorporated. Oregon. USA. p.69.
35. INIBAP. 1993. Annual Report. Risks involved in the transfer of banana and plantain germplasm. Montpellier. France. pp 39-47.
36. Irish, B., Goenaga, R. y Ploetz, R., 2006. *Mycosphaerella fijiensis*, causal agent of Black Sigatoka of *Musa spp.* found in Puerto Rico and identified by polymerase chain reaction. Plant Disease 90, p.684.
37. Jacome L., Schuh, W. 1991. Effect of temperature and relative humidity on germination and germ tube development of *mycosphaerella fijiensis* var. *Difformis*. Phytopathology 81:12 1480-1485.

38. Jones, D. 2000. Introduction to Banana, Abacá and Enset. Disease of Banana, Abaca and Enset. D. Jones ed. CAB International, Wallingford, UK.
39. Kolmans, E., Vásquez, D. 1999. Manual de Agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos. Programa ecologuico. pp 55–65.
40. Kress, W. 1990. The phylogeny and classification of the Zingiberales. Annual of the Missouri Botanical Garden. 77: 698-721.
41. Laprade, A., Ruiz, D. 1998. Comportamiento productivo de los híbridos FHIA-01y FHIA – 02 bajo fertilización inorgánica y orgánica. Guácimo. Costa Rica. pp 179-184.
42. Larco, E., Riveros, A., Rosales, S., Pocasangre, F., Rivas, L., Polanco, D. 2004. Lixiviados de Compost y Lombricompost: Una Alternativa para el Control

Biológico de la Sigatoka negra en Plátano. in: Congreso Latinoamericano de Bio-Plaguicidas y Abonos Orgánicos. San José. Costa Rica. pp. 1-18

43. Lung, A., Lin, C., Kim, J., Marshall, R., Nordstedt, N., Thompson, R., Wei, C. 2001. Destruction of *Escherichia coli* 0157:H7 and *Salmonella enteritidis* in cow manure composting. *Journal of Food Protection* 64: 9:1309-1314.

44. Marín, D., Romero, A. 1992. El combate de la Sigatoka negra. Boletín No 4, Departamento de Investigaciones, CORBANA, San José. Costa Rica, 22p.

45. Marín, D., Romero, R., Guzmán, M., y Sutton, T. 2003. Black sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. *Plant Dis.* 87:208-222.

46. Meredith, D., Lawrence, J. 1969. Black leaf streak disease of banana (*Mycosphaerella fijiensis*): Symptoms of disease in Hawaii and notes on the

conidial state of the causal fungus. Transactions of the British Mycological Society 52: 459-476.

47. Mobambo, N., Gauhl, F., Vulsteke, D., Ortiz, R., Gauhl, C., Swennen, R., 1993. Yield loss in plantain from black Sigatoka leaf spot and field performance of resistant hybrids. Field Crops Res. 35, pp 35–42.
48. Mourinchun X., Carlier, J., Foure, E. 1997. Enfermedades de Sigatoka. Raya negra de la hoja, enfermedades de Sigatoka amarilla. Promusa. Octubre.
49. Ordosgoitti, A., Hernández, J., González, M. 1997. Salpicado de la hoja en musáceas comestibles. <http://www.cenaip.gov.ve>. (visitado, mayo 2007).

50. Patiño, L. 2001. Efecto de una fuente de energía, tres inductores de resistencia y un sustrato foliar sobre *Sigatoca negra* en banano. Tesis Mag. Sc. Biblioteca ORTON, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 91p.

51. Pérez, L. 1983. Epifitiología de la mancha de la hoja del plátano (*Sigatoka*) causada por *Mycosphaerella musicola*. Factores que influyen en el período de incubación y el desarrollo de la enfermedad en Cuba. *Agrotecnia de Cuba*. 15(1):55–64.

52. Pineda., Carrasco. 1995. Enfermedades Fúngicas. www.cwnaiap.org.ve. (visitad, julio2007).

53. Ploetz, R. 1994. Enfermedades fúngicas. Mal de Panamá. <http://www.cenaiap.gov.ve>. (consultado, mayo 2007).

54. Ploetz, R., Mourichon, X. 1999. First report of black Sigatoka in Florida. (Disease Note) Plant Disease. 83:300.
55. Restrepo, J. 2000. Agricultura Orgánica una Teoría y una Práctica. Abonos Orgánicos fermentados experiencias de agricultores en Centroamérica y Brasil. Cali. Colombia.
56. Rivas, G., Rosales, F. 2003. Actas del taller Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas, Guayaquil. Ecuador.
57. Riveros, A., Lepoivre, P. 1998. Alternativas bioquímicas para el control indirecto de Sigatoka en Musáceas. Resúmenes. XIII Reunión ACROBAT, Guayaquil. Ecuador. pp 436–477.

58. Riveros, A., Giraldo, C., Gamboa, I. 2002. Microbiological control black leaf streak disease In: *Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas: present status and Outlook. Proceedings of the workshop on Mycosphaerella leaf spot diseases held in San Jose. Costa Rica. 20-23 May 2002.* p287-296.
59. Robinson, J. 1996. *Banana and Plantains.* CAB International, Cambridge, UK, 238p.
60. Rodríguez, S. 1998. Informe técnico. Situación del cultivo de banana en la región subtropical de Salta Jujuy. Estación Experimental de Cultivos tropicales Yuto. <http://www.inta.gov.ar>. (visitado, julio 2007).
61. Rodríguez, J., Flores, J., 2005. *Agricultura Orgánica en Ecuador. Cooperación Técnica Alemana GTZ. Ecuador.* pp 45–49.

62. Romero, M. 2000. Agricultura Orgánica. Elaboración y Aplicación de Abonos Orgánicos. Pages 125-134 in: Lombricultura y Agricultura Sostenible. C. Martínez, L. Ramírez, eds. México, México
63. Rorsales, E., Benealcazar C., Pocasangre, E. 2004. Producción y Comercialización de Banano Orgánico en la región del Alto Beni. Manual Practico para productores. Alto Beni, Bolivia. pp 28-38.
64. SICA, 2001. Servicio de Información y Censo Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador Programa Nacional del Banano. El cultivo del Banano. <http://www.sica.gov.ec>. (visitado, septiembre 2007)
65. SICA, 2003. Servicio de información y censo agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Disponible en; <http://www.sica.gov.ec>. (consultado, agosto 2007).
66. Scheuerell, S., Mahaffee, W. 2002. Compost tea: Principles and prospects for plant disease control. *Compost science and utilization* 10(4):313-338.

67. Simmonds, N., Shepherd, K. 1955. Taxonomy and origins of cultivated bananas. Journal of the Linnean Society of Botany. 55:302-312. London. UK.

68. Soto, M. 2002. Banano. Cultivo y comercialización. Publicación Universidad Central. San José. Costa Rica.

69. Stover, R., 1972. Banana, Plantain and Abaca Diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew - UK. 316p.

70. Stover, R. 1980. Sigatoka leaf spot diseases of bananas and plantains. Plant Disease 64:750-756.

71. Suquilanda, M. 1998. Agricultura Orgánica. Manual práctico para la elaboración de biol. Quito. Ecuador.

72. Suquilanda, M. 2001. Manejo alternativo de Sigatoka negra en Ecuador. Cultivos Controlados 3 (5). p.4.

73. Suquilanda, M. 2001. La agricultura orgánica una técnica que se multiplica en Ecuador. Cultivos orgánicos. 3 (5). p.4.

74. Swensum, D. 1998. Spring to Bring Price Increase. In: The packer, March 16: 1^a Vance publishing, Lenexa. Kansas. USA.

75. Tejerina, M., Lopes, C. 2002. Agricultura de precisión de banano (Musa AAA) una herramienta para la toma de decisiones acertadas. Tesis de graduación. Guácimo. Costa Rica.

76. Ternesien, E. 1985. La cercosporioses des dabaniers et plants. Methodes de lutte Avertissements. Prespective au Cameroun. Memoire de fin d'etudes. IRFA. Paris.
77. Weltzien, H. 1991. Biocontrol of foliar fungal disease with compost extracts 430-450. In: J. Andrews and S. Hirano (eds.), Microbial Ecology of Leaves. Springer-Verlag. USA.
78. Wickland, L., Murray, T. y Jimerson, J. 2001. Brewing Up Solutions to Pest Problems. BioCycle. J. of Comp. & Org. Rec. <http://www.jgpress.com>. (visitado, junio 2007).
79. Wielwmarker, F. 1990. Practical notes on black Sigatoka control. In: Fullerton, R.A. and Stover, R.H. (eds) Sigatoka Leaf Spot Diseases of Bananas, Proceedings of an International Workshop held at San Jose, Costa Rica. March 28-April 1, 1989. INIBAP, Montpellier, France, p107-114.

80. Willer, C. 1986. Los estomas. Departamento de Biología Universidad de Strirling
, UK. 192p.