

ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Comparación de la calidad y efectos de lixiviados obtenidos a partir de raquis de banano (*musa acuminata*) y plátano (*musa balbisiana*) mediante transformación aeróbica y anaeróbica en condiciones de invernadero.”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Presentada por:

Hernán Mauricio Garcés Herrera

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS, al Centro de Investigaciones Biotecnológica del Ecuador (CIBE), a su personal de mantenimiento, laboratorios, administración, dirección y de manera especial a la Dra. Ma. Isabel Jiménez Feijoo, también a todos mis amigos que me han apoyado siempre a lo largo de mi carrera.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: HERNAN
GARCES T, MARTHA
GRACIELA HERRERA B,
MIS HERMANOS RODNEY,
IVAN, KARINA, MIS TIOS
EDGAR Y PATRICIA, Y EN
GENERAL A TODA MI
FAMILIA, POR SU GRAN
APOYO.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Dra. Ma. Isabel Jiménez F.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Omar Ruiz B.
VOCAL

Dr. Paúl Herrera S.
VOCAL ALTERNO

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Hernán Mauricio Garcés Herrera

RESUMEN

La industria de banano y plátano representa una importante fuente de ingresos y empleo para los países productores en Latinoamérica, el Caribe, Asia y África. Ecuador es el primer exportador de banano a nivel mundial y es uno de los principales exportadores de plátano de la región. En la producción de ambos cultivos, con énfasis en banano, se emplean grandes cantidades de agroquímicos, especialmente pesticidas que son cada vez más cuestionados por los problemas de resistencia que ocasionan en los agentes causales; la Sigatoka negra, es considerada como la enfermedad foliar más limitante y destructiva a nivel mundial en la producción de banano y plátano, cuyo agente causal es el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

Frente a este grave problema se han venido desarrollando nuevas alternativas de manejo, entre estas tenemos la implementación de planes estratégicos de fertilización basados en la hipótesis, que los lixiviados de raquis de musáceas son fuentes nutritivas que al ser aplicados directamente al follaje y la raíz, mejoran las

características agronómicas de las plantas e inhiben el desarrollo de Sigatoka negra. En la nueva tendencia de producción sostenible de banano se espera lograr el equilibrio entre las buenas prácticas agrícolas tradicionales y la aplicación de enmienda orgánica líquida (lixiviados de raquis de musáceas) producido por fermentaciones aeróbica y anaeróbica, usado en aplicaciones edáficas y foliares en plantas de banano de la variedad Williams.

La presente investigación se realizó en los laboratorios de Fitopatología del Centro e Investigación Biotecnológicas del Ecuador (CIBE), ubicado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Campus "Gustavo Galindo". El objetivo principal de estudio fue la valoración de los productos obtenidos de la lixiviación y procesos fermentativos aeróbicos y anaeróbicos a partir de raquis de banano y plátano. Se logró como objetivos específicos los siguientes: (i) realizar la comparación del contenido nutricional de los lixiviados según su materia prima, banano (AAA) y plátano (AAB) y su proceso de fermentación. (ii) estudiar la relación entre concentraciones porcentuales de 100, 70, 30, ciclos de aplicación una vez y dos veces por semana, las vías de aplicación fueron foliar y radicular, de los productos obtenidos a base de raquis de banano y plátano, en

comparación de controles de fertilización a base de nitrógeno orgánico y tratamientos sin aplicación de ningún producto. Se aplicó un diseño experimental Unifactorial, y para determinar la existencia de diferencias estadísticas entre los promedios se realizó la técnica ANOVA (Análisis de Varianza), previa a la terminación de supuestos de homogeneidad (Levene) y normalidad (Kolmogorov-Smirnov). Adicionalmente se utilizó Tukey y Tamhane para determinar sub grupos homogéneos.

El estudio reveló que los lixiviados de raquis de musáceas, mediante fermentaciones anaeróbicas, vía de aplicación radicular, y concentraciones del 70% y 100 % presentó los más altos índices de inhibición sobre el hongo evaluado, y los mejores resultados como biofertilizantes.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL.....	IX
ABREVIATURAS	XI
INDICE DE TABLAS	XII
INDICE DE FIGURAS	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS	3
1.1. Tipos y materias primas.....	4
1.1.1 Procesos de fermentación y características de calidad.....	8
1.1.2 Ventajas y desventajas de su uso.....	20
1.2. Nutrición de los cultivos de banano y plátano.	23
1.2.1 Requerimiento de macronutrientes y micronutrientes...27	
1.2.2 Fertilización edáfica y foliar.....	30
1.2.3 Nutrición utilizando productos orgánicos.....	37

1.3. Enfermedades fungosas y bacterianas con manejo	38
1.3.1 Mecanismos de resistencia a las enfermedades.....	47
1.3.2 Formas de manejo de la enfermedad.....	50

CAPITULO 2

2. MATERIALES Y METODOS.....	56
2.1. Ubicación del ensayo	56
2.2. Materiales.....	56
2.3. Metodología.....	57
2.4. Factores en estudio	61
2.5. Parámetros de evaluación.....	64

CAPITULO 3

3. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS	67
---	----

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
--	----

APÉNDICES.....	89
----------------	----

BIBLIOGRAFÍA.....	102
-------------------	-----

ABREVIATURAS

ABC Área bajo la curva

cm Centímetro

gr Gramos

ml Mililitros

ppm Partes por millón

Spad Unidades usadas por el equipo SPAD-502, esta unidad se basa en la refracción de luz de la clorofila. La luz refractada es inversamente proporcional a la luz absorbida por la clorofila.

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Estándares de calidad de enmiendas orgánicas sólidas	18
Tabla 2 Estándares de calidad de enmiendas orgánicas líquidas	19
Tabla 3 Recomendaciones de fertilización para banano basándose en el análisis de suelo.....	31
Tabla 4 Velocidad de absorción final de algunos nutrientes importantes para la planta.	34
Tabla 5 Tolerancia de concentración de nutrimentos en aplicaciones foliares	36
Tabla 6 Niveles críticos tentativos de algunos nutrientes en plantas completamente desarrolladas, para la variedad Cavendish.....	37
Tabla 7 Rango de macronutrientes en diferentes fuentes de materia orgánica	38
Tabla 8 Tratamientos de la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de banano obtenido mediante fermentación anaeróbica.	62
Tabla 9 Tratamientos de la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de plátano obtenido mediante fermentación anaeróbica y aeróbica	63
Tabla 10 Control	64
Tabla 11 Análisis de macro, micro nutriente y biológico de los productos orgánicos obtenidos mediante fermentaciones aeróbicas y anaeróbicas de los raquis de musáceas	81
Tabla 12 Análisis, macro y micro nutrientes de la parte foliar de la plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams pertenecientes a los diferentes tratamientos y control de la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de banano obtenido mediante fermentación anaeróbica antes de la inoculación dirigida de <i>m. fijiensis</i> , en condiciones de invernadero	83
Tabla 13 Análisis, macro y micro nutrientes de la parte foliar de la plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams pertenecientes a los diferentes tratamientos y control de la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de plátano obtenido mediante fermentación aeróbica y anaeróbica antes de la inoculación dirigida de <i>m. fijiensis</i> , en condiciones de invernadero	85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 Análisis comparativo por tratamientos del área bajo la curva del parámetro altura de plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams, que recibieron durante ocho semanas aplicaciones de lixiviado de raquis de banano, antes de la inoculación dirigida con <i>m. fijiensis</i> , en condiciones de invernadero. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas al 5%	69
Figura 3.2 Análisis comparativo por tratamientos del área bajo la curva del parámetro clorofila de las hojas de plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams, que recibieron durante ocho semanas, aplicaciones de lixiviado de raquis de banano, antes de la inoculación dirigida de <i>m. fijiensis</i> , en condiciones de invernadero. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas al 5%.....	71
Figura 3.3 Análisis comparativo por tratamientos del área bajo la curva de la severidad de las hojas de plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams, después de la inoculación dirigida de <i>m. fijiensis</i> , en condiciones de invernadero. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas al 5%.....	73
Figura 3.4 Análisis comparativo por tratamientos del área bajo la curva del parámetro altura de plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams, que recibieron durante ocho semanas, aplicaciones de lixiviado de raquis de plátano, antes de la inoculación dirigida de <i>m. fijiensis</i> , en condiciones de invernadero. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas al 5%.....	75
Figura 3.5 Análisis comparativo por tratamientos del área bajo la curva del parámetro clorofila de hoja de plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams, que recibieron durante ocho semanas, aplicaciones de lixiviado de raquis de plátano, antes de la inoculación dirigida de <i>m. fijiensis</i> , en condiciones de invernadero. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas al 5%.....	77
Figura 3.6 Análisis comparativo por tratamientos del área bajo la curva de la severidad de las hojas de plantas de banano del grupo Cavendish, variedad Williams, después de la inoculación dirigida de <i>m. fijiensis</i> , en condiciones de invernadero. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas al 5%.....	79

INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de agroquímicos en la agricultura, especialmente de los plaguicidas, es más cuestionado en especial por la resistencia que las plagas desarrollan, los graves trastornos al medio ambiente y a la salud de los seres humanos. Estadísticas, resultados de investigaciones e información en general han dado alerta sobre este peligro, resultando en la necesidad de que aumente la importancia de los sistemas de producción orgánica.

En Ecuador, la Sigatoka Negra, causada por el ascomiceto *M. fijiensis*, es considerada la enfermedad foliar más destructiva que repercute negativamente en la producción de banano y plátano; sus pérdidas oscilan hasta un 40 a 80% cuando no existe un manejo adecuado de la enfermedad. El uso inadecuado e intensivo de diversas moléculas de fungicidas, ha sido la práctica común para el control de la enfermedad; esto ha desarrollado resistencia en las poblaciones del agente causal patógeno en los países productores de la fruta [35].

Esta enfermedad se caracteriza por la destrucción del área foliar funcional de la planta, lo que conlleva a la reducción de la fotosíntesis, impidiendo que el hospedero no llegue a la floración con buen desarrollo y número de hojas. Lo anterior afecta el llenado de la fruta, dando como resultado racimos con bajo número de manos y dedos de calibre y peso muy por debajo de los estándares de comercialización [35].

Para disminuir el impacto ambiental negativo de las aplicaciones de fertilizantes químicos y fungicidas utilizados en el manejo de Sigatoka Negra se están investigando e implementando alternativas que directa e indirectamente permitan fortalecer al hospedero y bloquear el desarrollo de la enfermedad.

Los lixiviados se producen a partir de la descomposición biológica aeróbica y anaeróbica de raquis de Musáceas en condiciones semicontroladas. Según análisis químicos realizados a este tipo de productos se sabe que son ricos en fósforo y potasio, (Álvarez, 2002) siendo una fuente de macro nutrientes aceptable para la fertilización.

Formando parte de las enmiendas orgánicas líquidas, se encuentra los lixiviados de raquis de Musáceas, los mismos que fueron objeto de este estudio, contribuyendo como biofertilizante y biofungicida pudiendo constituir un factor en el manejo integrado de la enfermedad.

CAPÍTULO 1

1. Generalidades de las Enmiendas Orgánicas

Los problemas que acarrea el uso de productos químicos sintéticos, como fertilizantes y plaguicidas en el manejo agronómico de las plantaciones han creado problemas degradativos de los suelos y ambiente ante el intenso uso de este manejo agrícola [1].

Este panorama renueva a nivel mundial, el interés por el uso de alternativas para sustituir y/o disminuir el uso de fertilizantes y plaguicidas de origen sintético. Empleando tecnologías basadas en antiguas prácticas, de antes de la revolución Verde, como enmiendas orgánicas líquidas y sólidas, obtenidas de desechos de origen animal o vegetal, se pueden mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y permitir una mejor interacción planta, suelo y ambiente [1].

El empleo de enmiendas orgánicas permite aportar elementos nutritivos al suelo potenciando el vigor y resistencia de los cultivos,

e incrementando el nivel de fertilidad y reserva de los mismos. Elementos móviles como el nitrógeno permanecerán retenidos en el suelo debido a su liberación lenta y progresiva, disminuyendo las pérdidas por lixiviación de este elemento, por otro productos como el humus que ejerce un estímulo a la vida microbiana del suelo y permite la reactivación radicular [1].

1.1 Tipos y materias primas

Enmiendas orgánicas líquidas:

Las enmiendas orgánicas líquidas se diferencian por ser elaborados a base de materiales de desechos y el tipo de descomposición al que se someten. Los materiales por ejemplo suelen ser los que se tengan a disposición cerca de la finca tales como: el estiércol de animales, cascarilla de arroz, melaza de caña, residuos orgánicos de cosechas, entre otros. En cuanto al sistema de transformación de los materiales se conocen dos aeróbica y anaeróbica [2] [3].

Desde hace siglos, los agricultores han desarrollado diferentes procesos para la elaboración de estas enmiendas orgánicas líquidas, a cuales son llamados de acuerdo a la manera en que se elaboran, el origen de los materiales e incluso el lugar en donde se usan. Dentro de estas enmiendas orgánicas líquidas

más comunes están los bioles, purinas, té de estiércol, té de plantas, lixiviados de desechos descompuestos, entre otros [4].

Los abonos orgánicos líquidos 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 [3].

Enmiendas orgánicas sólidas:

Son obtenidas a partir de la descomposición de residuos orgánicos; esto se produce cuando materiales de origen vegetal o animal se biodegradan por acción bacteriana, de hongos, insectos, artrópodos y otros organismos [1].

La elaboración de enmiendas orgánicas sólidas se puede describir como el proceso por el cual la materia prima orgánica es descompuesta de forma controlada, imitando los ciclos naturales de fermentación. Este proceso de descomposición es realizado principalmente por medio de bacterias aeróbicas termófilas y las temperaturas alcanzadas son superiores a los 60° C [5].

Materia prima:

Para la elaboración de lixiviados se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminadas a nivel químico ni biológico. Se analizan algunas materias primas de interés:

Banano y plátano.- la cantidad de desechos (raquis, hojas, pseudotallos, cormos) generada en cada cosecha de este cultivo es alta. Estos materiales son un recurso ideal para ser reciclado, ya que la cantidad de nutrientes y minerales que liberan son variados y elevados, en especial los niveles de potasio. Otro aspecto importante es la cantidad de agua presente en estos residuos, lo cual facilita su rápida descomposición y transformación en materia orgánica [6].

Estiércoles.- en general, son abonos ricos en nitrógeno con la propiedad de estimular y mejorar la actividad microbiana del suelo. Algunos estiércoles contienen mayor cantidad de nitrógeno que otros, lo cual permite clasificarlos. El estiércol vacuno ocupa el primer lugar, seguido por el de cabra, caballo y conejo. La incorporación de estiércoles al suelo tiene las siguientes ventajas: permite el aporte de nutrientes, incrementa la retención de la humedad y mejora la actividad biológica, con

lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad, así como con potencial antifúngico [7].

Broza de café.- la pulpa y el mucílago constituyen los subproductos más abundantes del proceso de beneficiado húmedo del café y representa alrededor del 60% del peso del fruto fresco. La pulpa de café, que frecuentemente se desperdicia en las fincas y se convierte en un contaminante del agua de los ríos y quebradas, es un excelente recurso para elaborar abonos orgánicos [6].

Melaza.- la adición de melaza, ácidos húmicos y otro tipo de azúcares al medio en descomposición tiene un efecto directo sobre la proliferación de microorganismos anaeróbicos, los mismos que inhiben el crecimiento de microorganismos aeróbicos al existir bajos niveles de oxígeno en la solución [4].

Plantas marinas.- especies marinas como *Posidonia oceánica*, que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de compost ya que son compuestos ricos en N, P, C, oligoelementos y biocompuestos [8].

Algas.- también pueden emplearse numerosas especies de algas marinas, ricas en agentes antibacterianos y antifúngicos y fertilizantes para la fabricación de compost [8].

Restos urbanos orgánicos.- Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de mataderos, etc [8].

1.1.1 Procesos de fermentación y características de calidad

Existen dos procesos de fermentación aeróbicos y anaeróbicos. Es importante la elección del tipo de fermentación por el tiempo con que se cuente, ya que la descomposición aeróbica es más rápida y la descomposición anaeróbica toma varios días hasta meses para obtener el producto deseado [2].

Proceso aeróbico.- en este tipo de fermentación las materias primas son descompuestas por microorganismos que consumen oxígeno y utilizan una fuente de carbono orgánico para generar posteriormente en dióxido de carbono, nitratos y sulfatos, entre otros compuestos [2].

Proceso anaeróbico.- al contrario del anterior sucede en ausencia de oxígeno en el cual están presentes la

bacterias hidrolíticas estas se encargan de convertir las moléculas orgánicas complejas a mas simples, estas bacterias formadoras de ácidos transforman las moléculas simples en ácidos orgánicos tales como butírico, propiónico, luego estas los transforman a metano, dióxido de carbono y otros productos como el ácido sulfhídrico [2].

De estos procesos podemos obtener productos tales como:

Lixiviados.- son desechos en descomposición que han sido considerados, tradicionalmente, como un fertilizante líquido orgánico. Recientemente, estos materiales están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades, teniendo una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos, por lo que no son considerados pesticidas, cuyo objetivo, es el de competir con otros microorganismos por espacio, alimentación y su sitio de infección, por lo que se han realizado estudios para conocer los componentes responsables de su capacidad en el combate de patógenos [6].

Otros, contienen químicos antimicrobianos que producen la inhibición del crecimiento de hongos. Dada la gran

variedad de lixiviados, es muy difícil determinar el número de microorganismos benéficos presentes. Una vez aplicado el lixiviado a la superficie de la hoja, los microorganismos benéficos ocupan los nichos esenciales y consumen los exudados que los microorganismos patogénicos deberían consumir, interfiriendo directamente en su desarrollo [7].

Lixiviados de compost: Es una solución de color oscuro, que usualmente se encuentra en la parte más baja de las pilas de compost; son ricos en sustancias nutritivas aunque se tiene que tener en cuenta que en la parte temprana del proceso de compostaje, el lixiviado que de allí se obtiene puede venir cargado de patógenos [9].

Estudios realizados en varios países, entre ellos Costa Rica, demuestran que los lixiviados tienen una acción fitosanitaria en un amplio rango de enfermedades en tomate, manzano y banano [10].

Té de compost: Se preparan a partir de bochashi, compost, lombricompost, o excremento fresco de animales, para luego dejar fermentar por un tiempo que va de

acuerdo al criterio del agricultor y dependiendo de las condiciones climáticas [10].

Bioles.- Son una fuente de fitorreguladores, que se obtienen como producto del proceso de fermentación anaeróbica de los desechos orgánicos. Durante la producción de biogas a partir de la fermentación metanogénica de los desechos orgánicos, en uno de los colectores laterales del digester aparece un residuo líquido sobrenadante que constituye el biol entonces es el afluente líquido que se descarga de un digester, pero también se lo puede obtener mediante la filtración o decantación del bioabono, separando entonces la parte líquida de la sólida [11].

Purines: Muy parecido a los bioles; la diferencia es que este cuenta con un macerado de algún vegetal especial, como ortiga, cola de caballo o leguminosa, dependiendo del uso que se le quiera dar a este producto [5].

Características de calidad

Lo que caracteriza a la agricultura orgánica es que no existe una receta específica para el desarrollo de productos, esto nos indica que existen infinidad de

materiales que se pueden utilizar para la elaboración de los biofertilizantes, aquí lo importante es trabajar con materiales que se tengan a la mano o nos resulten fáciles de conseguir y no sean de elevado costo, Por esta característica podemos clasificar los materiales en 4 grandes grupos dependiendo de la función que van a cumplir en el proceso de elaboración [13].

- Fuente de energía: su función es la de proporcionar la energía que se necesitan los microorganismos para su desarrollo en forma de azúcares, como por ejemplo: melaza, azúcar, panela [13].
- Fuente disolvente: El agua cumple la función de mantener hidratados los componentes del biofertilizante [13].
- Fuente de microorganismos procesadores: Estiércol, nitrógeno, microorganismos eficientes, levadura [13].
- Fuentes de minerales: aquí tenemos algunos componentes como son materia verde, leche, harina de pescado, etc [13].

Factores de la elaboración

La calidad, en las enmiendas orgánicas líquidas, se refiere a factores tales como madurez, minerales presentes y contenidos de microorganismos, los cuales pueden variar de lote en lote debido a la diversidad de materia prima utilizada, como también al tipo de elaboración. La naturaleza de los materiales, la relación C:N y las condiciones físico-químicas tales como: temperatura, humedad, pH y presencia de oxígeno, son factores clave para la obtención del tipo de producto deseado y su calidad [4].

La variabilidad de las enmiendas orgánicas líquidas puede ser eliminada mediante el control y estandarización de los principales factores físico-químico involucrado en la elaboración de los mismos. Estos factores son:

Temperatura.- este parámetro es muy importante para el crecimiento de microorganismos y presencia de minerales. Altas temperaturas volatilizan nutrientes mientras que bajas temperaturas impiden el desarrollo de microorganismos [4].

La temperatura es un importante indicador del tipo de microorganismos que han proliferado durante el proceso de elaboración de los bioproductos. Otro factor que puede ser determinado mediante el control de temperatura es el oxígeno. El incremento de temperatura en el proceso de compostaje se debe al crecimiento de bacterias y hongos, lo que a su vez significa una reducción del nivel de oxígeno presente en el medio por ende el inicio de un proceso anaeróbico [4].

Aditivos.- como melaza que es una fuente importante de energía, microorganismos eficientes, entre otros, deben estar presentes en cantidades necesarias y suficientes. Es decir, el éxito en la obtención de un biopreparado consistente, efectivo y de calidad depende del balance de los ingredientes presentes en la elaboración del mismo [4].

Los microorganismos eficientes (EM) son una combinación de microorganismos benéficos. Los principales organismos que forman parte de este complejo son bacterias fototróficas, 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 [4].

La efectividad de las enmiendas orgánicas líquidas estará, entonces, determinada por la presencia y calidad de microorganismos eficientes en la solución en proceso [10].

Oxígeno.- la presencia o ausencia de oxígeno es determinante en cada proceso de elaboración de enmiendas orgánicas líquidos. En el caso de los bioles, el proceso se da en forma anaeróbica, mientras que los lixiviados y téis de compost se producen en presencia de oxígeno [10].

Bajos niveles de oxígeno en la elaboración de té de compost pueden causar la proliferación de microorganismos anaeróbicos los cuales producirían materiales potencialmente tóxicos para las plantas [10].

Por otra parte, niveles excesivos de oxígeno en la elaboración de té de compost puede resultar negativo para microorganismos benéficos; regularmente esto no sucede

a menos que el fabricante adicione peróxido de hidrógeno u ozono al agua [4].

Tiempo.- este parámetro está relacionado en forma indirecta con la temperatura, a mayor temperatura menor el tiempo necesario para la obtención de los bioproductos y viceversa [12].

Algunas haciendas permiten que la fermentación del biol se dé durante 21 días, otras 30 días, en el caso de la costa y de más de 50 días para el caso de la sierra [12].

Agua.- altas cantidades de sales, metales pesados, nitratos, cloro, carbonatos y sulfatos, así como aguas contaminadas con microorganismos patógenos de humanos, animales o plantas, no deben ser utilizados en la elaboración de bioproductos. Un completo análisis de calidad de agua es necesario para la estandarización en la elaboración de biofertilizantes líquidos [12].

pH.- el pH del agua con el que se inicia el proceso debe estar entre 6.5 y 7.5 para favorecer al desarrollo de los microorganismos [12].

Caracterización Química, Física y Microbiológica de las Enmiendas Orgánicas Sólidas y Líquidas

Dentro de los indicadores químicos, físicos y microbiológicos, la mayoría de los parámetros analizados no cuentan con rangos que clasifiquen a un producto final de enmiendas orgánicas como estable y/o de buena calidad. Internacionalmente se manejan valores considerados normales en productos finalizados para los parámetros señalados [14].

TABLA 1
ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE CALIDAD DE
ENMIENDAS ORGÁNICAS SÓLIDAS

Indicadores/Parámetros	Rango
Químicos	
Nitrógeno total	0,5 - 2,5 %
Fósforo	0,74%
Potasio	2,11%
Calcio	2%
Magnesio	1 – 1,3 %
Cobre	0,5 p.p.m.
Zinc	160 p.p.m.
Manganeso	500 p.p.m.
Carbono Total	54%
Materia Orgánica	20 - 35 %
CE	5 -15 mS/cm
pH	6,5 - 8,5
CIC	> 60 meq/100 g
Ácidos Húmicos	5 - 15 %
Físicos	
Humedad	30 - 40 %
Tamaño de Partículas	Gránulos de aprox 2 mm
Microbiológicos	
Bacterias Totales	133 x 10e7 CFU/g
Hongos y levaduras	1,00E+03 - 1,00E+05 CFU/g
	1,00E+06 - 1,00E+08 CFU/g
Actinomicetos	

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Laboratorio de Fitopatología.

En la tabla 1, y la tabla 2 se muestran los estándares de calidad de las enmiendas orgánicas sólidas y líquidas en términos generales:

TABLA 2

ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE CALIDAD DE ENMIENDAS ORGÁNICAS LÍQUIDAS

Químicas	
PH H ₂ O	7 - 8,8
Materia Orgánica	35 - 40 %
C/N	12-14
Humedad	40 - 45 %
CIC	16 meq/100gr
Nitrógeno Total	2 - 2,6
Fósforo (P)	1,5 - 2 %
Potasio (K)	1,5%
Calcio (Ca)	2%
Magnesio (Mg)	1 - 1,3 %
Cobre (Cu)	0,5 p.p.m.
Zinc (Zn)	160 p.p.m.
Magnesio (Mn)	500 p.p.m.
Ácidos Húmicos	3 - 4 %
Microbiológica	
<i>Microorganismos Benéficos</i>	
Bacterias Totales	133 x 10 ^{e7} (U.F.C./gr)
Actinomicetos	41 x 10 ^{e4} (U.F.C./gr)
Hongos	48 x 10 ^{e3} (U.F.C./gr)
Germinación	Inferior al 8%
Coliforme termo tolerantes	Se elimina a T° superiores a 60-65°C
E. Coli	
Huevos de Helmito	
Salmonella	

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Laboratorio de Fitopatología.

1.1.2 Ventajas y desventajas de su uso

Ventajas:

Las enmiendas orgánicas no deben valorarse únicamente por su contenido de nutrientes, sino también por su efecto en el suelo. A continuación se indican algunos beneficios de la materia orgánica para el suelo:

- Mejora su estructura.
- Mejora la aireación y la penetración del agua.
- Favorece la retención de la humedad.
- Induce a un mayor desarrollo radicular.
- Constituye un agente regulador de pH en los suelos.
- Suministra carbono, fuente de energía para los microorganismos del suelo.
- Actúa como regulador de la temperatura edáfica.
- Activa los procesos microbiales.
- Promueve la diversidad microbial del suelo.
- Provee energía a los microorganismos del suelo.
- Actúa como granuladores de las partículas minerales del suelo.
- Aumenta el contenido de macro nutrientes N, P, K y micro nutrientes.

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C).
- Es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- Retarda la fijación del ácido fosfórico mineral.
- Suministra productos de descomposición orgánica.

La evolución de los microorganismos de las enmiendas orgánicas en el suelo depende de muchos factores, tales como: clima (temperatura y humedad), suelo (textura, estructura y origen), y clases de residuos. Algunos de estos factores activan la mineralización, en tanto que otros favorecen la humificación. [15].

Ingham (2005), cita algunas ventajas si se obtiene una enmienda orgánica de calidad. Entre las más importantes tenemos:

- Los patógenos no podrían infectar el tejido vegetal ya que el sitio por el que ingresan (hojas o raíces) estaría “ocupado” por organismos benéficos.
- Los organismos benéficos presentes en abonos orgánicos líquidos se alimentan de los exudados de las plantas, con esta premisa, los organismos

causantes de enfermedades no tendrían de que alimentarse.

- En aplicaciones foliares, los nutrientes son retenidos en la superficie de la hoja y se vuelven disponibles para las plantas con el tiempo, mejorando así la nutrición y estado fitosanitario de las plantas.
- En aplicaciones al suelo, se mejora la estructura del mismo, teniendo mejores niveles de aireación y mayor cantidad de oxígeno ingresa a las raíces. Con esto se incrementa el crecimiento radicular de la planta, su absorción de nutrientes y el uso de agua para riego se disminuye en algunos casos hasta en 50%.
- Se reduce el riesgo de intoxicación por mal manejo de agroquímicos.
- Se reducen el costo por compra de insumos químicos.

Desventaja:

No existe información estadística que cuantifique daños por la aplicación de enmiendas orgánicas líquidas, sin embargo, mediante conversaciones con productores se conoce que la aplicación de ciertas enmiendas orgánicas líquido puro a plantas en estado fisiológico temprano “quema” las hojas de las mismas [16].

1.2 Nutrición de los cultivos de banano y plátano.

Para que las plantas crezcan sanas, es necesario que el suelo posea suficientes nutrientes. Para satisfacer adecuadamente las necesidades individuales de los cultivos es importante que los nutrientes se mantengan balanceados en el suelo. La escasez de solo uno de ellos puede mermar seriamente los rendimientos y utilidades en la agricultura.

De los 17 elementos químicos que son necesarios para el desarrollo de las plantas, 13 son nutrientes derivados de la tierra, debido a que normalmente entran a la planta a través de las raíces. Según las cantidades que las plantas necesitan para su desarrollo, los nutrientes se clasifican en macroelementos o elementos mayores y microelementos o elementos menores. Los macroelementos se dividen a su vez en elementos primarios y secundarios [17].

Las plantas dependen de los nutrientes del suelo para crecer. Ellas combinan el aire con productos que sintetizan la energía del sol y con los elementos que el suelo provee. Los elementos que necesitan son numerosos, los más importantes son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estos son elementos primarios [15].

El suelo requiere muchos más elementos para poder ser saludable. Muchos otros nutrientes son importantes, pero son usados en cantidades menores por las plantas y otros organismos del suelo, como ejemplo de ellos tenemos al Boro (B), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Molibdeno (Mo). La cantidad y la forma de la liberación de estos elementos menores, en la disponibilidad de nutrientes a la planta, es lo que diferencia a un suelo bueno de uno pobre [15].

Un factor importante que debe considerarse es que los nutrientes del suelo deben estar en cantidades balanceadas y en una forma química para que puedan ser aprovechados de forma efectiva por las plantas [15].

Usualmente los suelos no pueden proveer los nutrientes necesarios para una u otra clase de plantas. Estos problemas son denominados deficiencias nutricionales. Las principales deficiencias son:

Deficiencia de Nutrientes en el Cultivo del Banano

A continuación se detallan las deficiencias de mayor importancia en el cultivo de banano.

Deficiencia de N (Nitrógeno): clorosis general en hojas más viejas, por lo que retrasa el crecimiento y desarrollo de la planta [15].

Deficiencia de K (Potasio): clorosis general en las puntas de las hojas más viejas, enrollan y mueren; retrasa el crecimiento, deformación de racimos y ruptura de Raquis, con el debilitamiento del pseudotallo, es más susceptible al ataque de plagas y enfermedades [15].

Deficiencia de P (Fósforo): se manifiesta con necrosis en los bordes de hojas viejas, pobre en raíces y disminuye la vida útil de la cepa; además de disminuir maduración y forma del racimo [15].

Deficiencia en Micronutrientes.

Deficiencia del Zinc: interviene en la síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento y como activador de enzimas necesarias para su metabolismo. La deficiencia se manifiesta como rayas cloróticas blanquecinas perpendicular a la vena central que se alterna con rayas verdes, se encuentra en suelos arenosos y con altos contenidos de Ca. En suelos arcillosos es retenido fuertemente en el suelo, por lo que el banano no lo puede obtener [15].

Deficiencia de Boro: Está relacionado con la movilización del K, al no estar presente en la cantidad necesaria ocurre que el peso de los racimos es pobre, y se presenta con rayas cloróticas paralelas a la vena central, y disminuye la cantidad de hijuelos por lo que la vida útil de la planta es menor. Además en casos severos deforma el racimo [15].

Deficiencia de Cobre (Cu): El borde de las hojas presenta quemaduras. Reacción severa con algunos herbicidas. Bronceamiento de las puntas de las hojas. Puede causar esterilidad y bajo peso en frutales [15].

Deficiencia del Hierro (Fe): La deficiencia de este elemento provoca un crecimiento lento, amarillamiento en frutales [15].

Deficiencia del Molibdeno (Mo): Reduce el crecimiento, produce amarillamiento, marchites, caída de hojas [15].

El uso eficiente de nutrientes es un aspecto de gran relevancia debido al incremento en los costos de los fertilizantes y la continua preocupación por el impacto ambiental asociada con el uso inapropiado de nutrientes. En banano y plátano es necesario incrementar el rendimiento y la eficiencia de la producción para lograr satisfacer la demanda de fruta de

calidad. Para lograr esto, es necesario desarrollar estrategias que produzcan rendimientos más altos, pero que a su vez integren la conciencia ambiental y la rentabilidad de los cultivos. Se conoce que la respuesta a la aplicación de nutrientes en todos los cultivos es específica para el sitio donde se cultiva. Por esta razón, una recomendación de fertilización precisa necesita información sobre la respuesta particular del cultivo a los nutrientes en cada sitio [18].

1.2.1 Requerimiento de macronutrientes y micronutrientes

Cuando en el suelo no existen limitantes nutricionales el rendimiento potencial del banano está estrechamente relacionado con la disponibilidad de agua y con la densidad de plantación. Según estudios realizados sobre los nutrientes minerales más importantes en la producción de banano son el nitrógeno (N) y el potasio (K). Como en todos los cultivos se ha demostrado la importancia de la correcta nutrición durante el desarrollo de la planta, haciendo particular énfasis en el K, cuyos síntomas de deficiencias son más evidentes antes de la floración [19].

La determinación exacta de la cantidad total de nutrientes requerida por el cultivo depende de la cantidad total de

nutrientes absorbida por un rendimiento determinado y del suministro de nutrientes nativos del suelo. Por otro lado, la absorción total de nutrientes está determinada por la oferta ambiental (o las condiciones de la plantación) que son las que finalmente determinan el rendimiento obtenible en cada sitio. Las recomendaciones de N y K en banano no toman en cuenta completamente los rendimientos obtenibles en diferentes condiciones ambientales, ni la contribución de los nutrientes nativos del suelo y son frecuentes recomendaciones de cantidades fijas para áreas muy grandes de producción [20].

Se podría inferir que los elementos más importantes dentro de un plan de fertilización son Nitrógeno (N) Fósforo (P) y Potasio (K), macronutrientes, pero investigaciones con elementos menores, o micronutrientes, han demostrado que estos son tan necesarios como los macro nutrientes pero la cantidad en que se los necesita son mínimas [20].

El nitrógeno es uno de los elementos que se encuentra en menor cantidad en los suelos y por lo tanto no supe las necesidades de la planta por lo que siempre está presente

en los programas de fertilización, regularmente este elemento es suministrado a la planta en forma de urea (46% N), estudios realizados con este producto sugieren dosis de 320 kg/ha al año dividida en 8 aplicaciones [21].

Para que la planta sea capaz de asimilar ese nitrógeno en forma de urea, esta tiene que pasar por un proceso de hidrólisis donde intervienen factores como agua y temperatura. Para luego transformar el NH_4 en NH_3 que es la forma en que la planta lo asimila [21].

El potasio es considerado el elemento principal en un plan de fertilización bananera ya que la planta lo requiere en cantidades altas, si bien es cierto, el suelo puede suplir cierta cantidad, y es indispensable mantener nuestro suelo con alta disponibilidad de este elemento para la planta [21].

Es importante indicar que la planta no toma este elemento del suelo como simple K, sino que este tiene que hidrolizarse, y transformarse en K_2O para poder entrar en el sistema radicular de la planta [21].

1.2.2 Fertilización edáfica y foliar

Fertilización edáfica

La fertilidad del suelo está representada por la cantidad adecuada de nutrientes, agua y aire que este es capaz de suministrar a las plantas para permitirles crecer y producir bien (tabla 3). De la vida que hay en el suelo, de los miles de seres vivos que en él habitan, proviene gran parte su fertilidad, es decir la capacidad de producir alimentos en forma abundante, sana y permanente [22].

La base de la fertilidad de los suelos, está representada por el "humus". Este proviene de la materia orgánica de origen vegetal y animal, que al ser atacada por los microorganismos del suelo, se transforma en humus. Este humus, después de complejos procesos, llega al estado de humus permanente en que las sustancias nutritivas se han mineralizado para ser de esta manera asimiladas por las raíces de las plantas [23].

TABLA 3

RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN PARA BANANO BASÁNDOSE EN EL ANÁLISIS DE SUELO.

Nutriente	Nivel del Suelo		
	Bajo	Medio	Alto
Fosforo (mg/kg)	<10	10-20	>20
kg P ₂ O ₅ /ha/año	100	50	0
Potasio (cmol/kg) kg	<0,2	0,2-0,5	>0,5
K ₂ O/ha/año	700	600	500
Calcio (cmol/kg) kg	<3	3-6	>6
CaO/ha/año	1100	550	0
Manganesio (cmol/kg)	<1	1-3	>3
kg MgO/ha/año	200	100	0
Nitrogeno		Indiferente	
kg N/ha/año		350-400	

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Laboratorio de Fitopatología.

Fertilización foliar

La fertilización foliar es una práctica de gran utilidad para el suministro de nutrimentos que permite corregir deficiencias en forma rápida, oportuna, económica y eficiente. Esta fertilización no sustituye la tradicional o convencional, sino es un apoyo para complementar los requerimientos nutricionales de la plantación que no se

puede abastecer mediante la fertilización común del suelo [24].

Los nutrientes penetran en las hojas a través de los estomas que se encuentran en el haz o envés de las hojas y también a través de espacios submicroscópicos denominados ectodesmos en las hojas y al dilatarse la cutícula de las hojas se producen espacios vacíos que permiten la penetración de nutrimentos [24].

Los nutrientes se absorben por el follaje con una velocidad notablemente diferente. El nitrógeno se destaca por su rapidez de absorción necesitando de 0,5 a 2 horas para que el 50% de lo aplicado penetre en la planta. Los demás elementos requieren tiempos diferentes y se destaca el fósforo por su lenta absorción, requiriendo hasta 10 días para que el 50% sea absorbido. En la tabla 1.3, se detallan tiempos de absorción de algunos nutrimentos importantes [24].

Una vez que se ha realizado la absorción, las sustancias nutritivas se mueven dentro de la planta utilizando varias vías: a) la corriente de transpiración vía xilema, b) las paredes celulares, c) el floema y otras células vivas y d)

los espacios intercelulares. La principal vía de translocación de nutrimentos aplicados al follaje es el floema. El movimiento de célula a célula ocurre a través del protoplasma, por las paredes o espacios intercelulares. El movimiento por el floema se inicia desde la hoja donde se absorben y sintetizan los compuestos orgánicos, hacia los lugares donde se utilizan o almacenan dichos compuestos [24].

En consecuencia, las soluciones aplicadas al follaje no se moverán hacia otras estructuras de la planta hasta tanto no se produzca movimiento de sustancias orgánicas producto de la fotosíntesis [24].

TABLA 4

VELOCIDAD DE ABSORCIÓN FINAL DE ALGUNOS NUTRIENTES IMPORTANTES PARA LA PLANTA.

Nutrimiento	Tiempo para que se absorba el 50% del producto
N (urea)	0,5-2 h
P	5-10 días
K	10-24 h
Ca	1-2 días
Mg	2-5 h
S	8 días
Mn	1-2 días
Zn	1-2 días
Mo	10-20 días
Fe	10-20 días

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Laboratorio de Fitopatología.

La fertilización foliar por lo general se realiza para corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de macronutrientes tales como el nitrógeno, fósforo y el potasio, se reconoce que la fertilización foliar solo puede complementar, pero en ningún momento sustituir la fertilización al suelo. Esto se debe a que las dosis a aplicar vía foliar son muy pequeñas en comparación con las dosis aplicadas al suelo para obtener buenos rendimientos [25].

En la tabla 4. Se detallan algunas tolerancias de concentraciones de fertilizaciones foliares. Aún cuando la fertilización foliar es complementaria, existen condiciones

bajo las cuales la fertilización permite obtener buenos resultados agronómicos. Estas situaciones especiales son aquellas que resultan en limitantes para la nutrición mineral de la planta debido a problemas del sistema radical. La sequía es la primera de ellas y se produce cuando el suministro de agua es deficiente, afectando la alimentación radicular y produciendo trastornos severos en el desarrollo vegetal. Bajo esta situación, la absorción radical de nutrimentos es limitado y será necesario utilizar entre tanto, la vía foliar [25].

Contrario a la falta de agua, el exceso o encharcamiento produce poca disponibilidad de oxígeno en el medio radicular inhibiendo de forma inmediata la absorción de agua y nutrimentos por la planta, siendo la fertilización foliar una alternativa para nutrir a la planta [25].

Las aplicaciones de pesticidas tales como herbicidas, insecticidas, nematocidas o fungicidas, producen a largo tiempo un efecto esterilizante en el suelo, disminuyendo la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio principalmente en estados iniciales de desarrollo del cultivo [25].

La aplicación de nutrimentos vía foliar, en particular de nitrógeno y microelementos, permitirá restaurar el adecuado balance nutricional en la planta [25].

TABLA 5

TOLERANCIA DE CONCENTRACIÓN DE NUTRIMENTOS EN APLICACIONES FOLIARES.

Nutrimento	Fertilizante	Kg/400L agua (*)
Nitrógeno	Urea	3-5
	NH ₄ NO ₃ , (NH ₄) ₂ HPO ₄ , (NH ₄) ₂ SO ₄	2-3
	NH ₄ CL, NH ₄ H ₂ PO ₄	2-3
Fosforo	H ₃ PO ₄	1,5-2,5
Potasio	KNO ₃ , K ₂ SO ₄ , KCl	3-5
Calcio	CaCl ₂ , Ca(NO ₃) ₂	3-6
Magnesio	MgSO ₄ , Mg(NO ₃) ₂	3-12
Hierro	FeSO ₄	2-12
Manganesio	MnSO ₄	2-3
Zinc	ZnSO ₄	1,5-2,5
Boro	Sodio borato	0,25-1
Molibdeno	Sodio molibdeno	0,1-0,15
(*) 400L cantidad suficiente para 1ha de cultivo.		

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Laboratorio de Fitopatología.

El análisis foliar es otra herramienta de suma utilidad para establecer el estado nutricional. A modo de referencia, en la Tabla 5. Se indican los niveles críticos para algunos nutrientes en tejidos [26].

TABLA 6

NIVELES CRÍTICOS TENTATIVOS DE ALGUNOS NUTRIENTES EN PLANTAS COMPLETAMENTE DESARROLLADAS, PARA LA VARIEDAD CAVENDISH.

Nutriente	Lámina	Nervadura central (hoja 3)	Pecíolo (Hoja 7)
	(Hoja 3)		
N (%)	2.6	0.65	0.4
P (%)	0.2	0.08	0.07
K (%)	3	3	2.1
Ca (%)	0.5	0.5	0.5
Mg (%)	0.3	0.3	0.3
S (%)	0.23	-	0.36
Mn (ppm)	25	80	70
Fe (ppm)	80	50	30
Zn (ppm)	18	12	8
B (ppm)	11	10	8
Cu (ppm)	9	7	5

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Laboratorio de Fitopatología.

1.2.3 Nutrición utilizando productos orgánicos

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles de nutrición. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos [27].

En la tabla 6. Se encuentra los principales abonos orgánicos sólidos procesados que se dispone en nuestro país, tenemos en el siguiente tabla el rango de macronutrientes en tres de las principales fuentes de materia orgánica.

TABLA 7
RANGO DE MACRONUTRIENTES EN DIFERENTES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA.

Fuentes	N	P	K	Ca	Mg
<i>Compost</i>	1,44%	0,69%	1,57%	4,72%	45,00%
<i>Lombricompost</i>	2,90%	0,57%	0,14%	1,72%	38,00%
<i>Bocashi</i>	0,90%	2,00%	1,00%		

Fuente: Soto, (2003)

1.3. Enfermedades fungosas y bacterianas

Las enfermedades que representan un factor determinante en términos de producción, donde las variedades comerciales más comunes a nivel mundial podrían, en los próximos años, desaparecer debido a la amenaza que diferentes tipos de microorganismos representan para las plantaciones. (Montpellier, 2003)

Enfermedades causadas por hongos

La sigatoka amarilla y negra, es una enfermedad que se encuentra diseminada en todas las regiones importantes del

cultivo del banano y plátano de la sección *Eumusa* en el mundo. Son manchas que aparecen en la superficie superior o inferior de la hoja, las que son causadas por hongos *Mycosphaerella*. Si la sintomatología inicial se la observa en la cara superior de la hoja (haz), no existe duda que estamos frente a un ataque de *M. musícola*. En cambio si se la detecta en la cara inferior de la misma (envés), el microorganismo causante es el *M. fijiensis*.

Sigatoka Negra

Es una enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis Morelet* que afecta a todas las variedades de banano. Apareció en el Ecuador el 30 de Enero de 1987 en la zona Norte de Esmeraldas en la Hacienda "TIMBRE" [28].

La enfermedad presenta las siguientes características: punto de color café rojizos de 0.25 mm. de diámetro que aparecen en el envés de la hoja; posteriormente se presentan unas estrías de color café rojizo de 20 mm. de largo por 2 mm. de ancho paralela a la venación lateral de la hoja y visibles todavía en el envés. Luego las estrías se tornan de café oscuro a casi negro un poco más alargadas, visibles ya en el haz de la hoja [28].

La mancha sigue avanzando en su desarrollo y evolución y se hace más grande y ancha de forma elíptica y se rodea de un borde café oscuro visible cuando la hoja está mojada; luego de este estado la mancha se seca en el centro, se torna gris y se deprime, la lesión se rodea de un borde angosto negro bien definido, al unirse todas las lesiones la hoja se torna negra y muere en 3 ó 4 semanas después de asomar los primeros síntomas [28].

Los daños que producen son:

- El área foliar se reduce en proporción a la severidad del ataque.
- La “quemazón” que produce la enfermedad afecta el proceso fotosintético.
- Se altera el proceso normal de maduración de la fruta, la misma que se torna muy prematura y en caso extremos amarilla antes de la cosecha.
- Las plantaciones afectadas por Sigatoka Negra producen racimos pequeños, dedos cortos y deformes, pulpa crema y sabor ligeramente ácido.
- Afecta el crecimiento normal de las plantas tanto en la emisión de las hojas como de los hijuelos.

Las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad son:

- Un ambiente lluvioso.
- Alta temperatura.
- Alta humedad.
- Drenajes deficientemente mantenidos.
- Mal control de malezas.
- Deshijes inapropiados.
- No eliminación de hojas secas y enfermas.
- Carencia de buenos programas de fertilización.

Su control se realiza con fungicidas sistémicos y penetrantes en dosis que a continuación se menciona [28]:

TILT	0.4 lts/Ha. (sistémico)
CALIXIN	0.6 lts/Ha (penetrante)
BENLATE	0.25 a 0.28 kg/Ha. (sistémico)
ACEITE AGRICOLA	3.5 a 4 gal/Ha.

Sigatoka amarilla

Producida por el hongo *Mycosphaerella musicola* Leach que ataca a las hojas de banano. Las esporas de este hongo (ascosporas y conidias) germinan en la superficie del limbo y el micelio penetra por una abertura estomática [29].

Luego de 20 días de iniciada la infección, el primer síntoma aparece sobre el limbo en forma de puntos descoloridos [29].

Los puntos luego se transforman en rayas delgadas, aun descoloridas, paralelas a las nervaduras secundarias, las que después toman forma ovalada de colores gris en el centro y amarillo oscuro hacia el exterior [29].

El rendimiento de un cultivo decae como consecuencia de la disminución de la superficie foliar que se hace más grave después que ha cesado la emisión foliar. El control de la Sigatoka consiste en interrumpir el ciclo descrito y reducir la producción de las esporas [29].

El aceite agrícola ha sido una de las medidas de control más eficientes utilizadas en países productores durante los últimos 30 años. La acción del aceite agrícola es mucho más eficaz en las manchas jóvenes en proceso de evolución.

De acuerdo a esta cualidad se programan los ciclos de aplicación cuando hay presencia de síntomas de Sigatoka Amarilla detectados mediante inspecciones constantes, lo que

permite realizar aplicaciones únicamente cuando son necesarias (Pérez, 1998).

Mal de Panamá

El Mal de Panamá es la enfermedad más devastadora que afecto la producción comercial de bananos en América Central y el Caribe. Es provocado por el hongo *Fusarium oxysporum* y *F. cúbense* [30].

Los síntomas externos se caracterizan por un amarillamiento de las hojas más viejas y un agobiamiento en la unión del pecíolo con el pseudo tallo [30].

Todas las hojas eventualmente se agobian y mueren, pero el pseudo tallo permanece erecto por uno o dos meses hasta que se pudre y se seca. El pseudo tallo adquiere una consistencia dura y seca [30].

Los síntomas internos consisten en una decoloración vascular solamente en las vainas externas, aunque en estados muy avanzados esta decoloración puede alcanzar hasta las vainas internas, el tallo verdadero y aun el pedúnculo de la fruta [30].

El Mal de Panamá solamente puede ser controlado por cuarentena y exclusión, no hay ningún método económico que reduzca la población del patógeno [30]. En consecuencia de esto, la variedad Gros Michel fue sustituida por la variedad Cavendish en las plantaciones comerciales.

Recientemente, una nueva raza, *raza tropical 4* enfermedad de Panamá ataca al cultivar Cavendish de banana en Asia. Debido al volumen de mercado internacional, se espera que esa raza se expanda por África, Sudamérica y el Caribe. De esta raza hay dos tipos: la variante subtropical y la tropical (tr4= tropical race 4), ambas nefastas para cavendish y otros bananos, siendo tr4 la más virulenta, y es un patógeno del suelo; sin embargo, se disemina menos que los patógenos foliares [31].

Mancha Cordana

Esta enfermedad es causada por *Cordana musae*. La enfermedad se desarrolla en plantaciones a bajas altitudes y alta humedad relativa. Es relativamente poco importante ya que el ataque del patógeno generalmente se encuentra en hojas bajas [32].

Cuando se presenta en plantaciones de 7-9 meses de edad no alcanza a causar daños severos, lo que no justifica el control químico [32].

Los síntomas se manifiestan en las hojas como manchas ovaladas, pequeñas, de color castaño o amarillo-anaranjado, con zonas concéntricas y borde color marrón, los cuales con el tiempo, aumentan de tamaño hasta ocasionar el secamiento del limbo [32].

Enfermedades causadas por bacterias

Moko

El Moko es una enfermedad vascular provocada por *Ralstonia solanacearum* raza 2. Los síntomas son amarillamiento de las hojas más jóvenes, las que luego se necrotizan y se desprenden del pecíolo. En plantas jóvenes de rápido crecimiento, la hoja cigarro o candela siempre se manifiesta marchita o "dormida" y algunas veces necrosada en la base [33].

El Moko afecta la producción al no permitir que los frutos se desarrollen. Algunos de los frutos pueden madurar prematuramente, a lo interno el tejido presenta una

decoloración que al principio es de color amarillo pero que con el tiempo se convierte café o negro [33].

El síntoma que más llama la atención y pone en alerta al campesino es el color negro del interior de los frutos. Los métodos culturales de control del Moko son:

- No sembrar banano en áreas en donde hubo presencia de la enfermedad anteriormente. La bacteria puede sobrevivir en residuos de raíces.
- Eliminar plantas enfermas y vecinas con herbicida sistémico para eliminar el foco de contaminación.
- Asegurarse de que la semilla provenga de una planta sana.
- La eliminación de la flor masculina del racimo es una práctica válida ya que de esta manera se evita la transmisión de la enfermedad mediante insectos.
- Desinfección de herramientas especialmente machetes para evitar contaminación mecánica (Liberato y Gasparotto, 2006).

***Erwinia* o Cogollo Negro**

Existen bacterias como *Erwinia chrysanthemi* y *E. carotovora* afectando el cormo y el pseudotallo, tanto en bananos como en plátanos [34].

La sintomatología de la enfermedad se caracteriza por presentar clorosis en las hojas bajas y posterior doblamiento a la altura del pseudopecíolo, marchitamiento general de la planta en forma ascendente hasta afectar completamente todas las hojas. Al realizar un corte transversal en el pseudotallo afectado, aproximadamente a 1 metro de la base del suelo, se observa una pudrición acuosa y de olor desagradable. Además las vainas foliares internas presentan coloraciones que van desde el pardo hasta el marrón oscuro [35].

1.3.1 Mecanismos de resistencia a las enfermedades

Las plantas están continuamente expuestas al ataque de microorganismos patogénicos. Dependiendo de la constitución genética tanto del hospedero como del patógeno, las plantas desarrollan ciertos mecanismos de defensa que se expresan en presencia de determinada enfermedad [36].

Los mecanismos de defensa en las plantas se pueden presentar tanto a nivel histológico como bioquímico. A nivel histológico, se manifiesta a través de la acumulación en la pared celular de materiales como lignina, callosa, suberina, gomas, cutina, glicosidos fenólicos, fenoles,

quinonas, esteroides, glicoalcaloides, terpenoides y tioninas; mientras que a nivel bioquímico se expresa mediante la producción de fitoalexinas, especies activas de oxígeno, activación del programa de muerte celular, radicales libres, iones calcio, siliconas y silicatos, polifenoloxidasas, peroxidasas, fenilalanina amonía liasa, polímeros de pared unidos a formas fenólicas, glicoproteínas, hidroxiprolina, lipooxigenasas, fosfolipasas, proteínas ricas en leucina, proteínas antimicrobiales, ribonucleasas, proteasas, péptidos y otras proteínas relacionadas con la patogenicidad tales como quitinasas y β -1,3-glucanasas [37].

Otro importante mecanismo de manejo de enfermedades es la falta de factores esenciales para el desarrollo de la enfermedad.

La falta de reconocimiento entre la planta y el patógeno.- es uno de los factores que impide que el proceso de infección por parte de un patógeno se desarrolle. Moléculas o estructuras específicas presentes en las células superficiales de las plantas son esenciales para algunos patógenos, de manera que si éste no las

reconoce ciertas sustancias infecciosas no serán producidas [38].

La falta de receptores y sitios sensibles para toxinas.- es otro factor esencial sin el cual la enfermedad no se produce. En interacciones tipo planta – patógeno, en los cuales el patógeno produce sustancias tóxicas para la planta, ciertos receptores o sitios sensitivos en la célula son necesarias para que dichas toxinas reaccionen y causen la enfermedad. Las plantas que carecen estos receptores específicos para cierto patógeno permanecerán resistentes y no presentarán síntomas [38].

Falta de sustancias esenciales para el patógeno.- las especies de plantas que por alguna razón no producen una de las sustancias esenciales para la sobrevivencia de un parasito obligado o para el desarrollo de infección de cualquier parásito serán resistentes al patógenos que las necesitan [38].

En banano, durante las últimas dos décadas, se han realizado estudios sobre productos naturales de origen vegetal con énfasis en los metabolitos secundarios, los

cuales están implicados en la activación de procesos histológicos y bioquímicos de defensa en la planta [39].

1.3.2 Formas de manejo de la enfermedad

Debido a la importancia de la sigatoka negra como enfermedad se detalla las diferentes formas y manejos existentes para la misma.

Desde la aparición de esta enfermedad, el control químico ha sido el más utilizado como medida de manejo, aunque efectivo, éste resulta no costeable al pequeño agricultor. En la actualidad, se continúa controlando la enfermedad mediante aspersiones aéreas de aceite más Benzimidazoles, Triazoles, Morfolinas y Dithiocarbamatos, en un ciclo permanente de infección y control, durante el año [40].

Para racionalizar el empleo de productos químicos y reducir la contaminación ambiental se recomienda efectuar las aspersiones en función de la evolución de la enfermedad (pre-aviso biológico), del clima (época lluviosa) y del estado de desarrollo de la plantas (dos meses antes del belloteo).

Las aspersiones se complementan con deshojes fitosanitarios durante el resto del año, mecanismos naturales de defensa de la planta, equilibrada y completa nutrición, prácticas culturales adecuadas, buen drenaje y movimiento continuo de agua, oxígeno, nutrientes y CO₂ [41].

En los cultivos a escala industrial destinados a la exportación, la utilización de productos químicos se realiza en forma rutinaria con no menos de 35 a 40 ciclos de aplicación por cosecha, aumentando así sus costos en un 30 a 40%, sin tomar en cuenta los daños ecológicos y humanos ocasionados [42].

Como parte de un control biológico, el uso de variedades resistentes parece ser, de momento, la opción más prometedora. Los híbridos de musáceas con mayor resistencia a la enfermedad en los diferentes programas de fitomejoramiento, en especial de la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA), son el FHIA-01, FHIA-02, FHIA-18, FHIA-21 y FHIA-23, entre otros, los cuales difieren un poco en el sabor y en las

características de las plantas con relación a los cultivares Cavendish o a los plátanos tipo Curraré [43].

En la última década, se ha investigado el uso de extractos botánicos, sustratos, antagonistas y enmiendas orgánicas que puedan proporcionar protección más duradera, menos tóxicos y económicos [44]. En la actualidad, se está trabajando e investigando también métodos de inducción de resistencia, utilización de bacterias epífitas aisladas tipo quitinolíticas y glucanolíticas, y la utilización de diferentes lixiviados, tanto de compostaje como de lombricompost [45].

Los extractos botánicos poseen compuestos polifenoles, cumarinas, flavonoides quinonas, esteroides, triterpenos, saponinas, los cuales son reportados en la literatura con actividad antifúngica o como inductores de resistencia (Osorio, 2006).

El aceite esencial obtenido desde hojas de zacate de limón *Cymbopogon citratus*, que es rico en citral, myrceno, dipenteno, methylheptenona, ciertos alcoholes y ácidos volátiles, presentó actividad antifúngica contra *Mycosphaerella fijiensis* en bio-ensayos in vitro [45].

Así mismo, estudios empleando extractos botánicos de *Syzigium aromaticum*, *Commelina diffusa*, *Momordica charantia*, *Pavonia sp.*, *Plenax sp.*, *Piper hispidum*, *P. Peltatum* y *Sida rhombifolia* contra *M. fijensis*, revelaron un poder inhibitorio hasta del 30% contra ese patógeno [46]. En Venezuela y Colombia se han reportado estudios con extractos etanolicos de *Heliotropium indicum*, *Lippia organoides*, *Phyllanthus niruri*, *Momordica charantia*, *Awinglea glutinosa*, *Salvia officinalis*, *Carica papaya*, *Azadirachta indica* y *Jatropha sp* para el control de la Sigatoka negra, en donde los autores encontraron que hubo respuesta de sensibilidad del hongo a los tratamientos [47].

Otro sistema de manejo, es la utilización de prácticas culturales con programa de deshierba fitosanitaria frecuente, enfocados a eliminar progresivamente tejido necrosado por la enfermedad, lo que ayuda a eliminar el inóculo y a acelerar el proceso de descomposición del tejido esporulado (Villalta, 2001).

Un aspecto importante, aunque ha sido poco estudiado, es la producción en sistemas de cultivos mixtos, ya sea de

diferentes especies o bien del mismo banano pero con genotipos con diferente grado de resistencia a la Sigatoka negra. Este sistema podría reducir la cantidad de inóculo, al incrementar la biodiversidad de organismos como bacterias promotoras del crecimiento, antagonistas y competidores [48].

Para disminuir la intensidad de la enfermedad se debe reducir al máximo la formación y duración de películas de agua sobre las hojas ya que este factor es esencial sobre el proceso de infección, liberación y dispersión del agente causal. Este objetivo se logra mediante la construcción de drenajes, evitando la irrigación por aspersión y estableciendo, donde sea posible, un sistema de sombra permanente para reducir la formación del rocío [49].

Suquilanda (2001) cita a Chaboussou y su teoría de la trofobiosis, que sugiere que las defensas orgánicas de los vegetales están determinadas por la nutrición equilibrada. Este equilibrio nutritivo impide la acumulación de azúcares y aminoácidos libres en la savia las mismas que sirven de alimento para plagas [50].

El mantenimiento de la ecología del suelo junto con un buen contenido de nutrimentos constituye la mejor estrategia de nutrición para las plantas a fin de que éstas puedan defenderse de manera natural del ataque tanto de patógenos como de insectos plaga [44].

El manejo ecológico del suelo requiere de adecuadas prácticas destinadas a mantener sus condiciones físicas, químicas y biológicas, los abonos orgánicos aplicados al follaje o a la raíz cumplen satisfactoriamente con esta [44].

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Ubicación geográfica.- Esta investigación se realizó en el laboratorio de Fitopatología del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE), edificio PROTAL de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Campus “Gustavo Galindo” ubicado en el Km 30,5 de la vía Perimetral en la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

2.2 Materiales:

- Material biológico

Material fungoso (conidias):

Conidias de *M.fijiensis* obtenidas a partir de aislamiento, directamente de hojas de banano infectadas, mediante protocolos estandarizados del laboratorio de Fitopatología del CIBE, ANEXO A.

Material vegetal (plántulas de banano):

Plantas de banano, variedad Williams (grupo Cavendish AAA), se obtuvieron a partir de micro-propagación en el laboratorio de Cultivo de Tejidos del CIBE.

Microorganismos eficientes (EM):

Está hecho de una combinación de varios microorganismos beneficiosos de origen natural a base de bacterias fototrópicas, lactobacilos, distintos tipos de levaduras y hongos de fermentación. Para los ensayos se utilizó los EM comercializados por AERTH.

- Materiales de laboratorio e invernadero.

Los materiales y equipos utilizados en el desarrollo de la fase experimental, se encuentran detallados en el ANEXO B.

- Productos utilizados:

Lixiviados de raquis de plátano (fermentación: aeróbica y anaeróbica).

Lixiviados de raquis de banano (fermentación: anaeróbica).

2.3 Metodología.

- Obtención de lixiviados.

Para obtener lixiviados de raquis de banano, se construyó un sistema de cama recolectora (lixiviadores) con una base de cemento, con una

inclinación en el centro para facilitar la escorrentía de los líquidos hacia el tanque recolector; la misma, que fue conducido a través de un tubo de PVC previamente adaptado, y que estaba protegido con láminas de zinc y selladas con platico ANEX C. Para cada cama se preparó una mezcla de 1L de microorganismo eficiente con 1L de melaza en 20 L de agua, esta preparación se dejó reposar por tres días. Se aplicó en una proporción de 10 L por cama para obtener el efecto de humedad este procedimiento se lo realizó con una frecuencia de dos veces por semana para todas las camas.

Se recolectaron raquis de plátanos de diferentes haciendas, los mismos que antes de ser colocados en los fermentadores se seleccionaron, limpiaron y pesaron, cortando los extremos del raquis y en mitades.

Se utilizaron 28 recipientes plásticos sobrepuestos en grupos de dos, distribuyéndose el total de grupos en dos sistemas de fermentación anaeróbico (hay que recalcar que solo este sistema de fermentación fue utilizado para los raquis de banano) y aeróbico; en los dos tipos de fermentación se aplicaron EM. Todo esto se realizó en invernadero para poder controlar los factores ambientales.

Para la aplicación de EM se realizó una mezcla de: 1 gal EM + 1 gal. melaza en 200L de agua. En cada fermentador se aplicó 10 litros dos

veces por semana; la recolección del lixiviado se realizó cada siete días y esto sucesivamente hasta que los raquis perdieron su capacidad de lixiviar. Los lixiviados obtenidos fueron almacenados en un ambiente fresco y seco en recipientes tapados para evitar el contacto directo con la luz. Se tomó el pH de todos los lixiviados antes de su almacenamiento ANEXO D.

- Caracterización de los lixiviados:

A cada lixiviado, obtenido en los diferentes sistemas de fermentación, se les realizó un análisis para conocer sus características químicas (macro y micro elementos) y biológicas (salmonella, escherichia coli, aeróbicos totales, hongos y levaduras, actinomicetos) para evaluar su calidad.

- Evaluación de los lixiviados sobre plantas de banano, variedad Williams

Una vez obtenidas las plántulas en fase 2 de 10 cm de altura aproximadamente, fueron trasplantadas en fundas de plástico de polietileno negras llenas de substrato compuesto de: arena y cascarilla de arroz.

Para cada tratamiento se evaluaron 10 observaciones (plantas), y cada una estas recibió 25ml. de solución de cada tratamiento.

Para los controles convencionales se aplicó nitrógeno (ILSAMIN NITROnew) 5ml/250ml tabla 10. Las aplicaciones de lixiviado de raquis de musáceas se efectuaron durante ocho semanas, y al finalizar este período, el 50% de las plantas fueron cosechadas. La otra mitad de las plantas de cada tratamiento, las hojas número 1, 2, 3 y 4, contadas desde arriba hacia abajo, fueron rociadas con una solución de 3×10^3 conidias/ml de *M. fijiensis* usando un aerógrafo Badger® 100. A.

- Análisis estadístico

Para la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de banano se aplicó un diseño de experimentos con arreglo factorial donde se utilizó los lixiviados de banano, las vías de aplicación, ciclos de aplicación, y a diferentes concentraciones; las combinaciones de los niveles de cada factor consta de catorce tratamientos los cuales son descritos en la Tabla 8; se seleccionaron diez unidades de investigación (plantas), las mismas que estuvieron bajo condiciones controladas en invernadero.

Para la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de plátano se aplicó un diseño de experimentos con arreglo factorial se utilizó los lixiviados de plátano obtenidos mediante sistemas de fermentación aeróbica y anaeróbica, vía de aplicación, ciclos de aplicación, y a

diferentes concentraciones; las combinaciones de los niveles de cada factor consta de veinte y cuatro tratamientos los cuales son descritos en la Tabla 9; se seleccionaron diez unidades de investigación (plantas), las mismas que estuvieron bajo condiciones controladas en invernadero.

2.4 Factores en estudio

Los factores considerados para este estudio fueron:

Vías de aplicación: foliar y radical.

Concentración: 30, 70 y 100%.

Ciclos de aplicación: 1 y 2 veces por semana.

Sistema de fermentación: aeróbico y anaeróbico.

TABLA 8

TRATAMIENTOS DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE BANANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN ANAERÓBICA

TRATAMIENTOS	VIAS DE APLICACIÓN	CICLOS DE APLICACIÓN	CONCENTRACION (%)
1	Foliar	1 vez/sem.	30%
2	Foliar	1 vez/sem.	70%
3	Foliar	1 vez/sem.	100%
4	Foliar	2 veces/sem.	30%
5	Foliar	2 veces/sem.	70%
6	Foliar	2 veces/sem.	100%
7	Radical	1 vez/sem.	30%
8	Radical	1 vez/sem.	70%
9	Radical	1 vez/sem.	100%
10	Radical	2 veces/sem.	30%
11	Radical	2 veces/sem.	70%
12	Radical	2 veces/sem.	100%

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

TABLA 9

TRATAMIENTOS DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE PLÁTANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN ANAERÓBICA Y AERÓBICA

TRATAMIENTOS	FERMENTACION	VIAS DE APLICACIÓN	CICLOS DE APLICACIÓN	CONCENTRACION (%)
1	Anaeróbico	Foliar	1 vez/sem.	30%
2	Anaeróbico	Foliar	1 vez/sem.	70%
3	Anaeróbico	Foliar	1 vez/sem.	100%
4	Anaeróbico	Foliar	2 veces/sem.	30%
5	Anaeróbico	Foliar	2 veces/sem.	70%
6	Anaeróbico	Foliar	2 veces/sem.	100%
7	Aeróbico	Foliar	1 vez/sem.	30%
8	Aeróbico	Foliar	1 vez/sem.	70%
9	Aeróbico	Foliar	1 vez/sem.	100%
10	Aeróbico	Foliar	2 veces/sem.	30%
11	Aeróbico	Foliar	2 veces/sem.	70%
12	Aeróbico	Foliar	2 veces/sem.	100%
13	Anaeróbico	Radical	1 vez/sem.	30%
14	Anaeróbico	Radical	1 vez/sem.	70%
15	Anaeróbico	Radical	1 vez/sem.	100%
16	Anaeróbico	Radical	2 veces/sem.	30%
17	Anaeróbico	Radical	2 veces/sem.	70%
18	Anaeróbico	Radical	2 veces/sem.	100%
19	Aeróbico	Radical	1 vez/sem.	30%
20	Aeróbico	Radical	1 vez/sem.	70%
21	Aeróbico	Radical	1 vez/sem.	100%
22	Aeróbico	Radical	2 veces/sem.	30%
23	Aeróbico	Radical	2 veces/sem.	70%
24	Aeróbico	Radical	2 veces/sem.	100%

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

TABLA 10

CONTROL

TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS (ml/250ml)
Control Convencional	NITROGENO	5

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

2.5 Parámetros de evaluación

Los parámetros fueron evaluados antes de la inoculación. Las evaluaciones de estos parámetros se realizaron durante ocho semanas.

Altura de planta.- Se midió la longitud (cm) de la planta comprendida desde la base a nivel del suelo (cormo) hasta la inserción de la primera hoja verdadera con la hoja bandera.

Clorofila.- Se empleó un medidor de clorofila SPAD-502, marca Konica-Minolta, para determinar la cantidad de clorofila en las hojas 1, 2, 3 y 4.

Estado fitosanitario.- Este parámetro fue monitoreado cada siete días, durante dos meses después de la inoculación, y se utilizó la escala de Alvarado et al. (2003), la cual es una modificación de la escala presentada por Fullerton y Olsen, (1995).

La escala referida es la siguiente: 0 para hojas con ausencia de síntomas; 1 para hojas con manchas rojizas solamente sobre la parte baja de la superficie de la hoja; 2 para manchas circulares regulares o irregulares solamente sobre la superficie de la parte baja de la hoja; 3 para manchas circulares regulares o difusas de color café claro sobre la superficie de la parte alta de la hoja; 4 manchas circulares negras o cafés, a veces con un halo amarillo o clorosis de tejidos adyacentes sobre la parte alta de la superficie de la hoja; y 5 para manchas negras con centro seco de color gris y la hoja completamente necrótica.

Se utilizó la transformación matemática área bajo la curva (ABC) de todas las variables analizadas para describir el comportamiento de la variable en el tiempo.

El análisis estadístico que se utilizó fue el ANOVA (análisis de varianza) para determinar si existe o no diferencia entre los promedios de los tratamientos. Los supuestos para realizar esta técnica es que los datos de la variable de interés sigan una distribución normal y tengan varianzas homogéneas. Para identificar que pares de promedios son diferentes se utiliza las pruebas de significancia o pruebas de comparación de medias Tukey (si las varianzas de los tratamientos son homogéneas) y Tanhame (si no se da la

homogeneidad). Todos los análisis se los realizaron con una significancia de 5% ($\alpha=0.05$).

Para comprobar si los datos provienen de una distribución se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para probar la homogeneidad de varianzas entre grupos se utilizó la prueba de Levene.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El presente capítulo resume el efecto de los tratamientos estudiados sobre los parámetros analizados en los dos ensayos. Los parámetros evaluados se han dividido en tres grupos: parámetros agronómicos, de cosecha y fitosanitarios.

1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente trabajo se realizaron dos evaluaciones. Los tratamientos de la evaluación del efecto del lixiviado de raquis de banano obtenido mediante fermentación anaeróbica y evaluación del efecto del lixiviado de raquis de plátano obtenido mediante fermentación anaeróbica y aeróbica, al igual que el control se encuentran detallados en las tablas 8, 9, y 10.

1.2 Evaluación del efecto de lixiviados de raquis de banano obtenido mediante fermentación anaeróbica.

a) Parámetros agronómicos antes de la inoculación de *M. fijiensis*:

Altura de la planta:

Los resultados de altura se resumen en la figura 3.1. La comparación de los resultados obtenidos mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las vías de aplicación radical y foliar, con mayores promedios de altura para la vía radical. En relación a los ciclos de aplicación, los tratamientos con aplicaciones continuas, mostraron mejores resultados que los de aplicaciones semanales, aunque no difirieron significativamente entre sí. De igual manera se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) en relación a las concentraciones aplicadas, en particular las extremas; se evidenció un comportamiento directamente proporcional entre las concentraciones y los promedios de altura de las plantas (APÉNDICE E).

Un análisis más detallado muestra que cuatro de los tratamientos, correspondientes a las concentraciones del 100% aplicadas tanto semanalmente como de manera continua, fueron superiores al control ($P \leq 0,05$) (APÉNDICE E). El resto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas, lo cual no

debe valorarse negativamente, teniendo en cuenta que el control recibió aplicaciones nitrogenadas. Es de señalar que aún las concentraciones más bajas del lixiviado se comportan de manera similar a la del control.

Tales resultados muestran un efecto evidente del lixiviado sobre la altura de las plantas, lo cual coincide con resultados anteriores obtenidos por otros autores (Escobar-Vélez, 2001; Castaño-Zapata, 2001), que demostraron un efecto positivo sobre el contenido de nitrógeno, cobre, zinc en diferentes tejidos de la planta.

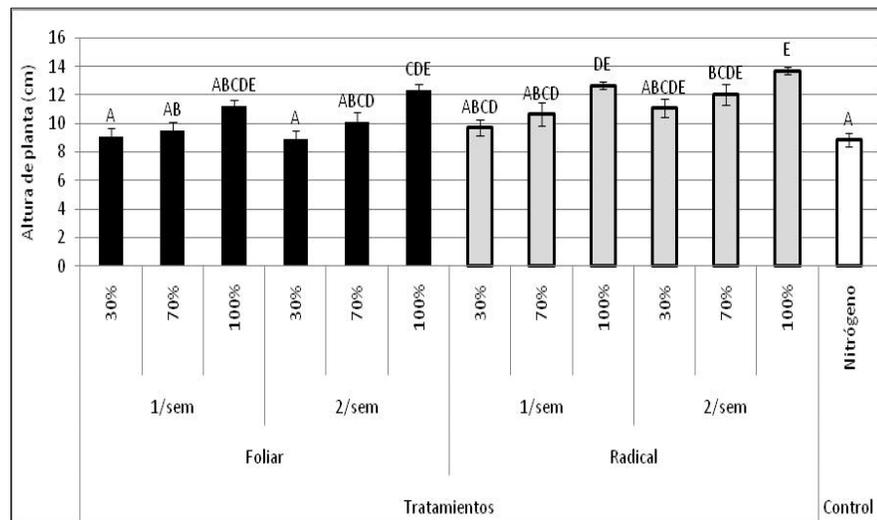


FIGURA 3.1. ANÁLISIS COMPARATIVO POR TRATAMIENTOS DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PARÁMETRO ALTURA DE PLANTAS DE BANANO DEL GRUPO CAVENDISH, VARIEDAD WILLIAMS, QUE RECIBIERON DURANTE OCHO SEMANAS APLICACIONES DE LIXIVIADO DE RAQUIS DE BANANO, ANTES DE LA INOCULACIÓN DIRIGIDA CON *M. FIJENSIS*,

EN CONDICIONES DE INVERNADERO. LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS AL 5%.

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE).
Área de Fitopatología

Clorofila:

El análisis de los resultados con respecto al contenido de clorofila mostró, al igual que en el caso de la altura, mejores resultados ($P \leq 0,05$) en las plantas que recibieron aplicaciones radicales. En relación a los ciclos de aplicación, las plantas en las que se aplicó el lixiviado una vez por semana presentaron los promedios mayores de contenido de clorofila para el caso de la vía radical. De igual manera se observó un comportamiento directamente proporcional entre las concentraciones aplicadas y el contenido de clorofila, es decir, a mayor concentración de lixiviado de raquis mayor valor de clorofila por hojas ($P \leq 0,05$) APÉNDICE F.

La Figura 3.2 ejemplifica los resultados explicados con anterioridad. Puede observarse claramente el comportamiento del parámetro evaluado con respecto a las concentraciones de lixiviado aplicadas. Los tratamientos en los que se empleó la mayor concentración del producto orgánico de forma radical de aquellos donde se utilizó el producto al 70%, aplicado semanalmente por las dos vías evaluadas (foliar y radical),

presentaron valores de clorofila significativamente superiores ($P \leq 0,05$) al control que recibió aplicaciones nitrogenadas. El resto de los tratamientos no difirió significativamente del control, aunque en algunos casos los promedios fueron numéricamente superiores.

Este resultado es de interés si se tiene en cuenta que el nitrógeno juega un papel importante en el proceso de la fotosíntesis, debido a que es indispensable para la formación de la molécula de clorofila. (Devlin, 1982).

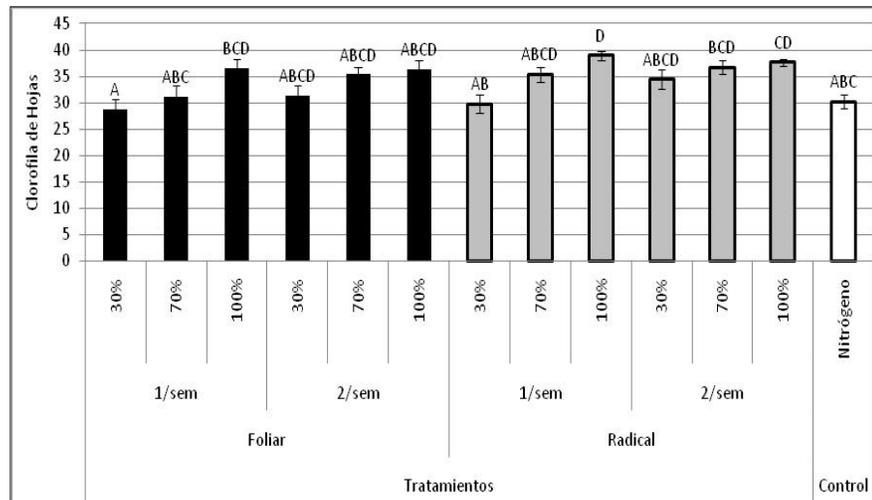


FIGURA 3.2. ANÁLISIS COMPARATIVO POR TRATAMIENTOS DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PARÁMETRO CLOROFILA DE LAS HOJAS DE PLANTAS DE BANANO DEL GRUPO CAVENDISH, VARIEDAD WILLIAMS, QUE RECIBIERON DURANTE OCHO SEMANAS, APLICACIONES DE LIXIVIADO DE RAQUIS DE BANANO, ANTES DE LA INOCULACIÓN DIRIGIDA DE *M. FIJENSIS*, EN CONDICIONES DE

INVERNADERO. LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS AL 5%.

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE).
Área de Fitopatología

b) Parámetros sanitarios:

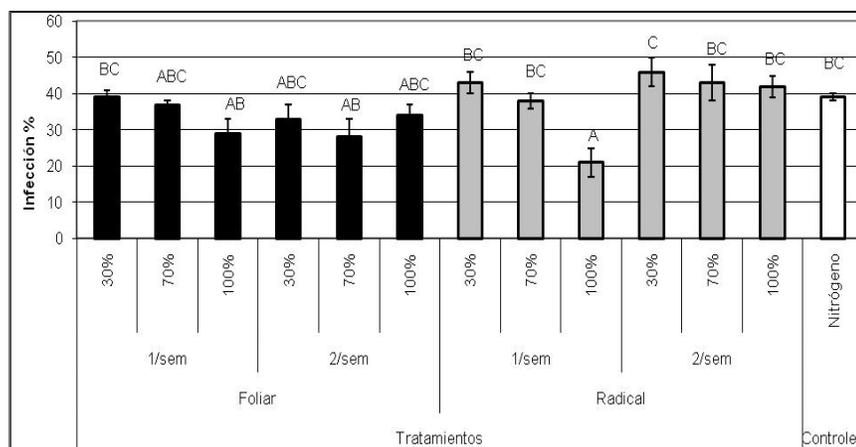
Severidad:

Los resultados de severidad, se resumen en la figura 3.3. Los mejores resultados ($P \leq 0,05$) se dieron en las plantas que recibieron el producto orgánico vía foliar, es decir, menor porcentaje de infección del hongo en estudio (APÉNDICE G); para los ciclos de aplicación no existen diferencias significativas relevantes; sin embargo, mostró un mejor porcentaje para el ciclo de aplicación una vez por semana. Se observó un comportamiento inversamente proporcional entre las concentraciones y la severidad del patógeno, es decir, a mayor concentración del lixiviado menor porcentaje de infección; excepto la vía foliar con ciclos de aplicación dos veces por semana que presentó un comportamiento diferente.

Con respecto a los controles al ser comparados con los tratamientos que se emplearon las concentraciones medias y altas del lixiviado, con aplicaciones una vez por semana, y de

forma foliar, presento mejores resultados que el control que recibió aplicaciones nitrogenadas.

Estos resultados preliminares son de interés ya que corrobora la hipótesis que los lixiviados de musáceas tienen un potencial como biopesticida sobre agentes patógenos, tal como ha



señalado Jiménez, (2008).

FIGURA 3.3. ANÁLISIS COMPARATIVO POR TRATAMIENTOS DEL ÁREA BAJO LA CURVA DE LA SEVERIDAD DE LAS HOJAS DE PLANTAS DE BANANO DEL GRUPO CAVENDISH, VARIEDAD WILLIAMS, DESPUÉS DE LA INOCULACIÓN DIRIGIDA DE *M. FIJENSIS*, EN CONDICIONES DE INVERNADERO. LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS AL 5%. Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

1.3 Evaluación del efecto de lixiviados de raquis de plátano obtenido mediante fermentación aeróbica y anaeróbica.

a) Parámetros agronómicos antes de la inoculación de *M. fijiensis*:

Altura de la planta:

Para el parámetro altura de la planta, el mejor efecto fue observado en el tipo de fermentación anaeróbica, ya que mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) (APÉNDICE H) en comparación con la fermentación aeróbica. En relación a las vías de aplicación, la vía radical mostró mejores resultados numéricamente que la vía foliar, aunque no difirieron significativamente entre sí; esto se observó solo para tipo de fermentación anaeróbico (figura 3.4). Con respecto a los ciclos de aplicación, los tratamientos con aplicaciones continuas, mostraron mejores resultados en valores numéricos que los de aplicaciones semanales, aunque no difirieron significativamente entre sí. De igual manera no se destacan diferencias estadísticas significativas en relación a la concentración (APÉNDICE H) y se observó un comportamiento directamente proporcional entre las concentraciones y la altura de las plantas.

Un análisis más detallado muestra que los tratamientos correspondientes al tipo de fermentación anaeróbica, con vía de aplicación radical y concentración del 100% fueron superiores al

control ($P \leq 0,05$) (APÉNDICE H). Los tratamientos con concentraciones bajas mostraron diferencias significativas con el control que recibió aplicaciones nitrogenadas.

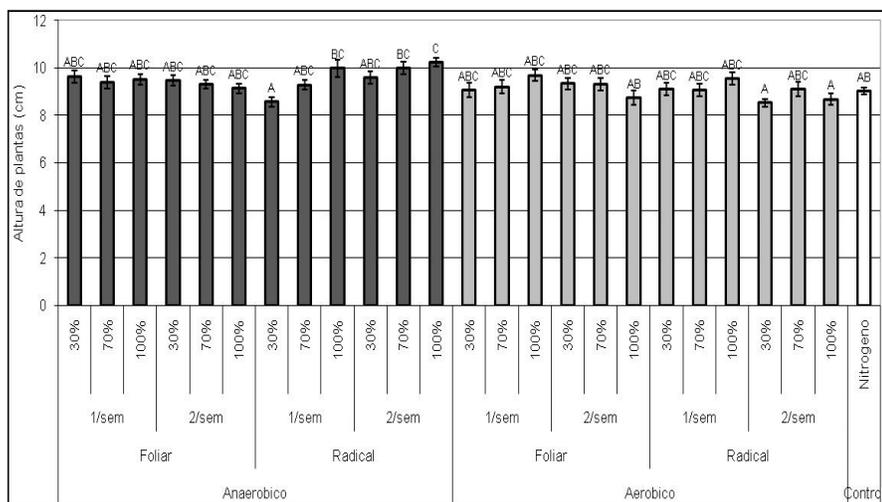


FIGURA 3.4. ANÁLISIS COMPARATIVO POR TRATAMIENTOS DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PARÁMETRO ALTURA DE PLANTAS DE BANANO DEL GRUPO CAVENDISH, VARIEDAD WILLIAMS, QUE RECIBIERON DURANTE OCHO SEMANAS, APLICACIONES DE LIXIVIADO DE RAQUIS DE PLÁTANO, ANTES DE LA INOCULACIÓN DIRIGIDA DE *M. FIJENSIS*, EN CONDICIONES DE INVERNADERO. LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS AL 5%.

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

Clorofila:

El mejor efecto sobre la cantidad de clorofila en las hojas fue en las plantas que recibieron el lixiviado mediante fermentación anaeróbica que difirieron significativamente del resto ($P \leq 0,05$). En

relación a las vías de aplicación, los mejores resultados estadísticos ($P \leq 0,05$) se encontraron en plantas con aplicaciones radicales. Para los ciclos de aplicación, los tratamientos donde se aplicó el producto orgánico de forma continua, mostraron mejores resultados al ($P \leq 0,05$). Las concentraciones medias y altas presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) en comparación con las concentraciones bajas (APÉNDICE I).

Los resultados explicados con anterioridad se ejemplifican en la figura 3.5. Se observa cómo los mejores resultados del parámetro evaluado se encuentran en el sistema de fermentación anaeróbica, mediante vía de aplicación radical y concentraciones del 70 y 100% para ambos casos de ciclos de aplicación (una y dos veces por semana). Los valores de clorofila en estos casos difirieron significativamente ($P \leq 0,05$) de los del control. El resto de los tratamientos no difirió significativamente del control, aunque en algunos casos los promedios fueron superiores.

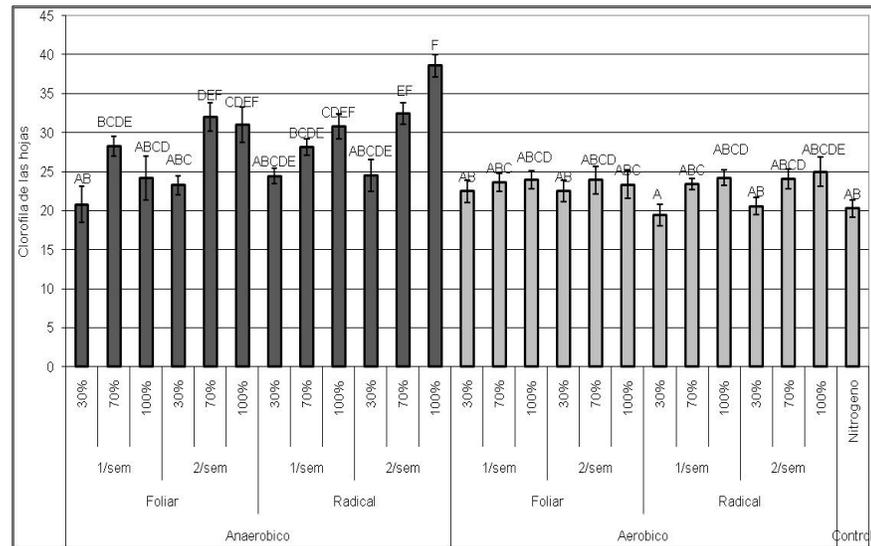


FIGURA 3.5. ANÁLISIS COMPARATIVO POR TRATAMIENTOS DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PARÁMETRO CLOROFILA DE HOJA DE PLANTAS DE BANANO DEL GRUPO CAVENDISH, VARIEDAD WILLIAMS, QUE RECIBIERON DURANTE OCHO SEMANAS, APLICACIONES DE LIXIVIADO DE RAQUIS DE PLÁTANO, ANTES DE LA INOCULACIÓN DIRIGIDA DE *M. FIJENSIS*, EN CONDICIONES DE INVERNADERO. LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS AL 5%.

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

b) Parámetros sanitarios:

Severidad:

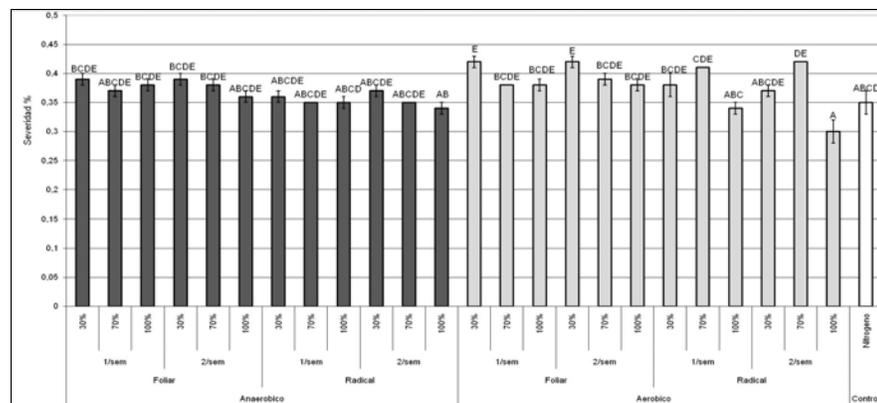
Los resultados con respecto a la severidad mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) entre los tipos de fermentación, con menor porcentaje de severidad para la fermentación anaeróbica de manera general. Con respecto a las vías de aplicación, los tratamientos con aplicaciones vía radical mostraron

mejores resultados ($P \leq 0,05$). En relación a los ciclos de aplicación, los tratamientos con aplicaciones continuas mostraron valores de severidad inferiores que los de una vez por semana, aunque no difirieron significativamente entre sí. De igual manera se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) con respecto a las concentraciones aplicadas. Los porcentajes de infección fueron más bajos en los tratamientos donde utilizaron las concentraciones altas y medias de manera general. El APÉNDICE J muestra los resultados de los análisis estadísticos para cada factor de manera detallada.

A pesar de esos resultados estadísticos, el posible efecto de los lixiviados sobre el desarrollo de la enfermedad sólo se evidencia con claridad en tres de los tratamientos, como se ejemplifica en la figura 3.6: fermentación anaeróbica, aplicada al 100% de manera continua por vía radical y fermentación aeróbica aplicada en la mayor concentración (100%) por vía radical, tanto semanalmente como dos veces a la semana.

Otros autores, como Escobar y Cataño (2005) han determinado que la tasa de desarrollo de *Sigatoka* durante 58 semanas fue más lenta después de la aplicación del lixiviado de compost de raquis al compararla con los resultados en plantas tratadas con el fungicida propiconazol, cuya acción es sistémica y residual contra *Sigatoka*.

La poca concordancia de nuestros resultados con los de los mencionados autores podrían deberse a la utilización de diferentes condiciones experimentales, tales como el origen de la materia prima y de los microorganismos empleado para la producción del lixiviado, la composición química de los lixiviados obtenidos y el período de evaluación más corto, entre otras. Por esta razón, los resultados presentados deben ser considerados como preliminares. Sin embargo, el hallazgo de tratamientos con valores de severidad inferiores a los del control, hacen que puedan considerarse como promisorios para profundizar en nuevos



ensayos y evaluaciones.

FIGURA 3.6. ANÁLISIS COMPARATIVO POR TRATAMIENTOS DEL ÁREA BAJO LA CURVA DE LA SEVERIDAD DE LAS HOJAS DE PLANTAS DE BANANO DEL GRUPO CAVENDISH, VARIEDAD WILLIAMS, DESPUÉS DE LA INOCULACIÓN DIRIGIDA DE *M. FIJENSIS*, EN CONDICIONES DE

INVERNADERO. LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS AL 5%.

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE).
Área de Fitopatología

1.4 Análisis químico y microbiológico de los lixiviados.

El análisis de los lixiviados de raquis de musáceas mostró en los macroelementos una marcada presencia de calcio (Ca) en las tres muestras analizadas; las fermentaciones anaeróbicas dieron los mayores valores de este macroelemento, mientras que presentaron los menores valores con respecto al contenido de potasio (K) y nitrógeno (N). Para los microelementos, el zinc (Zn), siguió la misma tendencia que el Ca, es decir, presentó mayores valores en la fermentación anaeróbica, contrario al comportamiento del contenido de cobre (Cu) (tabla 11).

TABLA 11

ANÁLISIS DE MACRO, MICRO NUTRIENTE Y BIOLÓGICO DE LOS PRODUCTOS ORGÁNICOS OBTENIDOS MEDIANTE FERMENTACIONES AERÓBICAS Y ANAERÓBICAS DE LOS RAQUIS DE MUSÁCEAS.

	ELEMENTOS	Plátano		Banano
		Aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico
Macronutrientes (ppm)	N (total) (%)	29.93	23.24	14.3
	P	100.20	258.4	56.4
	K	50.30	45.44	20.15
	Ca	1178.34	2498.78	5496.8
	Mg	107.17	103.4	36.95
Micronutrientes (ppm)	Fe	21.84	24.97	41.39
	Mn	0.14	0.43	4.32
	Cu	0.64	0.52	0.20
	Zn	10.80	13.19	81.34
	B	2.10	2.25	1.77
	Si	30.50	40.12	23.15
Biológico (UFC/ml)	Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E. Coli (NMP/ml)	<3	<3	<3
	Aeróbicos Totales	6,2x10	2,5x10	2,4x10
	Hongos y Levaduras	6x10	4,2x10	4x10
	Actinomicetos	<10	1x10	<10

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE).
Área de Fitopatología

Se observan además diferencias entre la composición de los lixiviados obtenidos de banano y plátano por fermentación

anaeróbica. Los resultados más llamativos se refieren al contenido mayor de cuatro de los macroelementos (N, P, K, Mg) y cinco de los micronutrientes (Fe, Mn, Zn, B y Si) en los lixiviados de plátano, lo que indica el potencial de estos productos tanto para la nutrición de las plantas como estimular el crecimiento de las plantas y disminuir el desarrollo de la enfermedad. Jiménez (2008) ha demostrado que ciertos microelementos como el silicio (Si), el zinc (Zn) y el boro (B), el manganeso (Mn) y el cobre (Cu) mejoran el crecimiento de las plantas, tienen un efecto demostrado sobre el patógeno causante de la Sigatoka Negra y potencial para reducir el desarrollo de la enfermedad.

1.5 Análisis químico de la parte foliar de las plantas tratadas con lixiviados.

Los resultados de los análisis de macro y micro elementos para la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de banano obtenido mediante fermentación anaeróbica se resumen en la tabla 12. De manera general para los macroelementos, el potasio (K) presentó los mejores resultados entre los elementos más asimilados; con respecto a los factores de estudio, la vía radical presentó el mayor valor; los ciclos de aplicación una vez por semana dieron el mejor resultado para este macroelemento. Con respecto a los microelementos, el manganeso (Mn) mostró la mayor presencia en

el tejido foliar de las plantas; para los factores vías de aplicación, la vía radical presentó el mejor resultado, los ciclos de aplicación dos veces por semana dieron los mayores promedio para este microelemento.

TABLA 12

ANÁLISIS, MACRO Y MICRO NUTRIENTES DE LA PARTE FOLIAR DE LA PLANTAS DE BANANO DEL GRUPO CAVENDISH, VARIEDAD WILLIAMS PERTENECIENTES A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y CONTROL DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE BANANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN ANAERÓBICA ANTES DE LA INOCULACIÓN DIRIGIDA DE *M. FIJIENSIS*, EN CONDICIONES DE INVERNADERO.

		Macronutrientes							Micronutrientes					
		%							ppm					
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B		
Tratamientos	Foliar	1/6m.	3D	140	080	460	068	048	044	187	510	680	2216	25
			7D	140	082	478	067	048	044	192	620	1265	2720	26
			10D	170	070	378	071	048	038	184	620	947	1327	20
		2/6m.	3D	150	088	524	069	037	032	280	510	896	1440	26
			7D	120	098	610	093	048	024	178	490	943	969	34
			10D	160	052	478	086	042	020	206	580	884	960	25
	Radicular	1/6m.	3D	110	080	628	079	047	034	210	520	1014	1832	39
			7D	120	098	600	100	041	060	620	470	1280	4520	28
			10D	180	084	448	092	041	066	193	580	1055	2990	27
		2/6m.	3D	120	094	560	083	058	052	440	500	979	4720	26
			7D	150	082	413	107	042	066	206	720	687	2837	21
			10D	160	082	610	102	045	080	189	680	1011	3460	19
Controles		Agua	110	086	620	093	045	035	160	460	1101	2287	34	

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE).
Área de Fitopatología

Los resultados de los análisis de macro y microelementos para la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de plátano obtenido mediante fermentación aeróbica y anaeróbica, se resumen en la tabla 13. Para los macroelementos, el potasio (K) dio los mayores valores en el análisis de las muestras correspondientes a cada tratamiento. De manera general para el factor fermentación presentaron resultados similares al igual que los factores vías y ciclos de aplicación; sin embargo, existe una relación creciente de

la concentración con la cantidad de K que presentaron las muestras, es decir, a mayor concentración del producto orgánico mayor presencia de este macroelemento.

Con respecto al manganeso (Mn) presentó los mayores valores en comparación a otros microelementos; entre los factores de estudio, la fermentación anaeróbica presentó los mayores valores al igual que la vía de aplicación foliar, los ciclos de aplicación dos veces por semana presentaron el mejor resultado.

TABLA 13

ANÁLISIS, MACRO Y MICRO NUTRIENTES DE LA PARTE FOLIAR DE LA PLANTAS DE BANANO DEL GRUPO CAVENDISH, VARIEDAD WILLIAMS PERTENECIENTES A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y CONTROL DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE PLÁTANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN AERÓBICA Y ANAERÓBICA ANTES DE LA INOCULACIÓN DIRIGIDA DE *M. FIJIENSIS*, EN CONDICIONES DE INVERNADERO.

Tratamiento	Tipo de muestra	Replicado	Macronutrientes (%)						Micronutrientes (ppm)				
			N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
			1	0.92	0.37	4.02	0.65	0.35	0.34	15.5	6.00	26.0	470.0
Aerobico	FOLIA	2	0.89	0.38	3.94	0.79	0.48	0.28	16.0	6.00	26.5	480.0	24.0
		3	0.91	0.35	4.04	0.74	0.37	0.11	12.5	5.00	34.0	420.0	28.4
		4	0.90	0.38	4.08	0.61	0.35	0.34	15.0	5.00	31.0	405.0	15.0
		5	1.17	0.51	4.28	0.78	0.44	0.20	17.5	6.00	28.0	470.0	15.0
		6	1.12	0.30	4.34	0.80	0.42	0.11	14.5	5.00	36.0	525.0	21.2
		7	0.81	0.48	4.18	0.68	0.36	0.15	15.0	5.00	32.0	500.0	28.4
	RADICAL	8	0.80	0.39	4.32	0.74	0.40	0.28	16.0	5.00	27.5	385.0	21.5
		9	0.96	0.40	4.26	0.69	0.44	0.15	14.5	5.50	29.0	385.0	24.0
		10	0.86	0.37	3.80	0.79	0.36	0.15	18.0	5.00	26.5	485.0	28.6
		11	0.94	0.40	4.36	0.76	0.41	0.22	14.5	5.00	28.0	420.0	27.2
		12	1.07	0.46	4.36	0.60	0.45	0.26	11.0	5.50	27.5	405.0	28.1
		13	1.04	0.64	3.96	0.68	0.39	0.28	15.0	6.00	24.5	390.0	8.1
Anaerobico	FOLIA	14	1.07	0.45	4.20	0.61	0.37	0.15	16.0	5.00	35.5	470.0	7.0
		15	1.35	0.45	4.32	0.68	0.39	0.28	14.5	5.50	38.0	480.0	22.2
		16	0.75	0.48	3.94	0.62	0.37	0.26	12.5	5.00	34.5	375.0	9.1
		17	0.89	0.47	4.36	0.65	0.38	0.15	15.0	6.00	27.0	400.0	28.2
		18	1.35	0.54	4.44	0.66	0.41	0.28	10.5	6.00	22.5	345.0	24.0
		19	0.91	0.48	3.92	0.68	0.36	0.34	12.5	4.00	23.5	370.0	20.0
	RADICAL	20	0.91	0.58	4.34	0.68	0.38	0.15	11.5	5.00	32.0	305.0	20.0
		21	0.99	0.48	4.22	0.75	0.40	0.34	11.5	5.00	29.5	355.0	28.2
		22	0.78	0.48	3.84	0.60	0.32	0.28	14.0	4.00	23.5	375.0	20.0
		23	0.88	0.51	4.42	0.68	0.38	0.34	13.4	4.50	23.5	295.0	29.0
		24	0.99	0.47	4.42	0.61	0.39	0.27	12.0	4.50	34.0	335.0	28.3
		Control	Nitrogeno	1.00	0.38	3.92	0.72	0.33	0.27	19.0	7.00	38.0	480.0

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

De manera general en las tablas 11, 12, y 13 se sustenta lo dicho por Finck (1988), y Guerrero (1999), quienes determinaron que aunque en los productos utilizados para fertilización orgánica se

encuentran concentraciones altas de calcio, no necesariamente esos valores expuestos en los análisis coinciden con las cantidades que presenta la planta, es decir, con la cantidad real de calcio absorbido por la planta.

Esto confirmó en las evaluaciones realizadas, la poca movilidad que tiene el Ca, por su baja absorción en las plantas que se apreció a nivel foliar en comparación con la vía radical (tabla 12; tabla 13), pero es importante tomar en cuenta los demás factores: físicos, químicos y microbiológicos que pueden producir este efecto de movilidad del calcio.

Al comparar lo citado en la tabla 5. Que indica los niveles críticos tentativos de algunos nutrientes en plantas completamente desarrolladas de la variedad Cavendish; se observa que en la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de banano, los nutrientes que están por debajo del nivel crítico son: N y Cu (tabla 12); mientras que para la evaluación del efecto de lixiviados de raquis de plátano obtenido mediante fermentación aeróbica y anaeróbica los nutrientes que están por debajo del nivel crítico son: N, Si, Zn, Cu (tabla 13).

CAPÍTULO 4.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

De los resultados experimentales obtenidos en este trabajo se concluye lo siguiente:

1. El uso de lixiviados de banano y plátano obtenidos mediante fermentaciones anaeróbicas influyen positivamente sobre la altura de las plantas de banano Williams y su contenido de clorofila.
2. El efecto sobre la altura y el contenido de clorofila en las plantas es más notorio al ser aplicados vía radical, con resultados directamente proporcionales a las concentraciones de lixiviados empleadas.

3. El comportamiento de los lixiviados de banano y plátano con respecto a su influencia sobre el desarrollo de la Sigatoka Negra fue diferente, con un mejor efecto de los obtenidos a partir de banano al ser empleados en concentraciones medias (70%) vía foliar y concentraciones altas (100%) vía radical.
4. El alto contenido de calcio (Ca) en los lixiviados de banano y plátano no se relaciona con la cantidad real de este elemento absorbido por las plantas tratadas.
5. Los lixiviados de plátano obtenidos mediante fermentación anaeróbica presentan mayor contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), cobre (Cu), boro (B) y silicio (Si) que los obtenidos de banano por la misma forma de fermentación.
6. Los elementos con mayor asimilación en las plantas tratadas con los diferentes lixiviados de banano y plátano fueron potasio (K) y manganeso (Mn).
7. El contenido de nitrógeno (N) y cobre (Cu) en las plantas de banano Williams tratadas con los lixiviados de musáceas obtenidos se encuentran por debajo de los valores críticos establecidos.

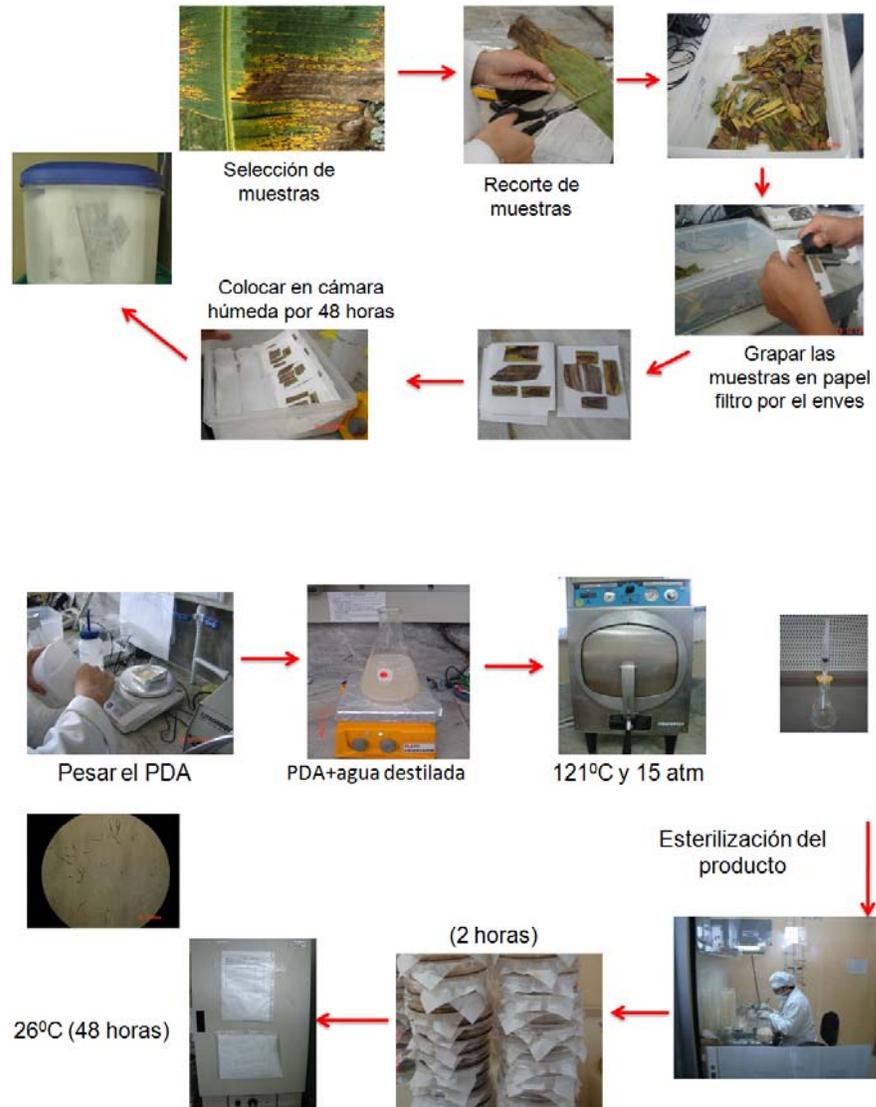
RECOMENDACIONES

- Con los resultados obtenidos y otras investigaciones similares, se debe estandarizar la metodología de producción artesanal de lixiviados de raquis de musáceas a mayor escala, por tanto se recomienda seguir las evaluaciones en plantaciones de musáceas basadas en los mejores resultados obtenidos en esta tesis.
- Profundizar el estudio del efecto del lixiviado sobre el desarrollo de la sigatoka negra y el comportamiento de las concentraciones medias y altas aplicadas por diferente vía.
- Realizar trabajos similares pudiendo tener como factores de estudio la combinación de productos orgánicos de diversa índole, como los bioles, para garantizar un contenido nutricional mayor y satisfacer las demandas nutricionales de cultivos a gran escala y de edades mayores.

APÉNDICES

APÉNDICE A

SECUENCIA DE FOTOGRAFIAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ASCOSPORAS.



Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

APÉNDICE B**LISTADO DE MATERIALES Y EQUIPOS REQUERIDOS PARA EL DESARROLLO DE LA FASE EXPERIMENTAL.**

Equipo de Laboratorio

Agitador
Balanza electrónica
Cámara fotográfica
Materiales de Vidrio
Agitador de vidrio
Frascos
Matraces de Erlenmeyer
Pipetas
Vasos de precipitación
Material biológico
Mycosphaerella fijiensis Morelet
Materiales varios
Algodón
Espátulas
Etiquetas adhesivas
Gasa
Marcadores rotuladores
Papel de pH
Papel filtro
Papel de aluminio
Pinzas
Regla

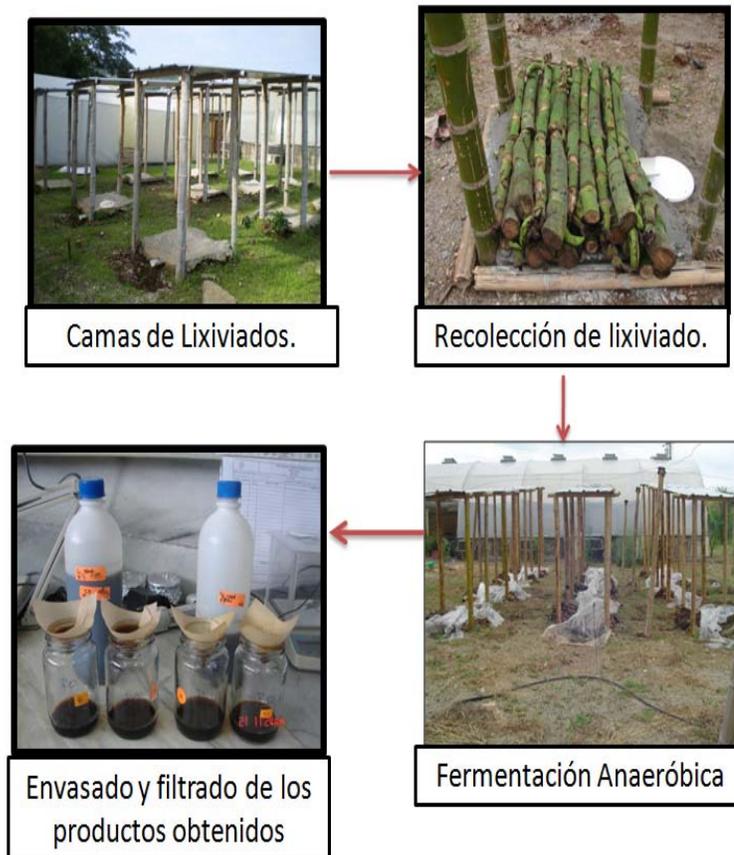
Sustancias y Reactivos

Agua destilada
Alcohol
Microorganismos eficientes
Lixiviados (plátano y banano)

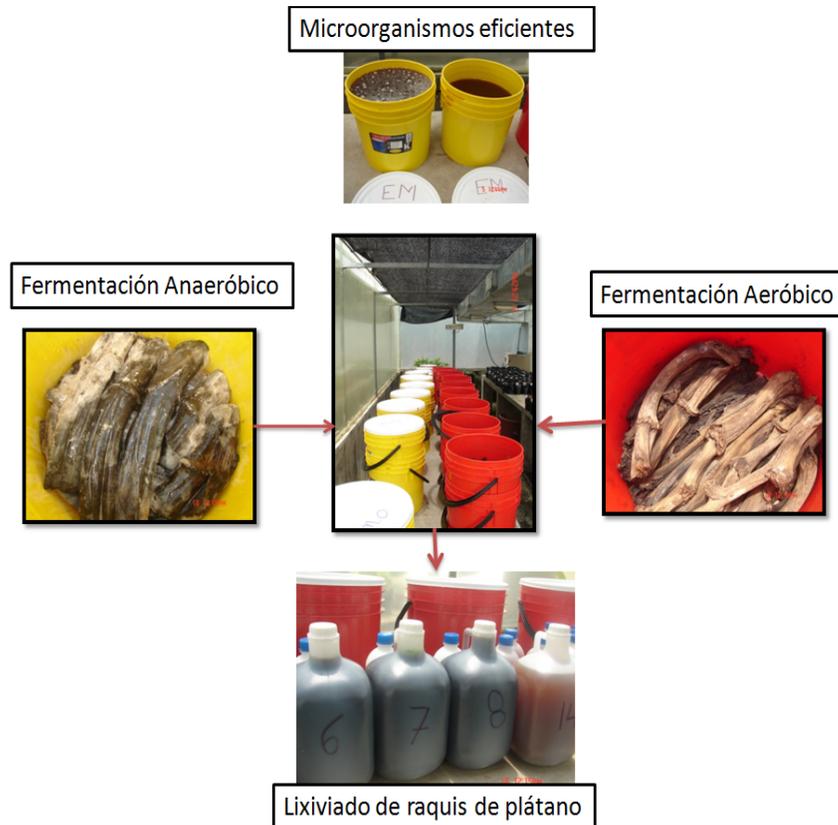
Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

APÉNDICE C

SECUENCIA DE FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LIXIVIADO DE RAQUIS DE BANANO.



Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

APÉNDICE D**SECUENCIA DE FOTOGRAFIAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LIXIVIADO DE RAQUIS DE PLATANO.**

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Fitopatología

APÉNDICE E

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE BANANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN ANAERÓBICA.

Análisis de Varianza y prueba Tukey para determinar diferencias entre los promedios de los tratamientos para el parámetro altura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ABC	120	0,26	0,23	16,24

Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	501117,22	4	125279,3	9,88	<0,0001
Vías	79150,9	1	79150,9	6,24	0,0139
Ciclos	41229,25	1	41229,25	3,25	0,074
Concentr.	380737,07	2	190368,5	15,01	<0,0001
Error	1458133,01	115	12679,42		
Total	1959250,23	119			

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 40,84890				
Error: 12679,4175 gl: 115				
Vías	Medias	n		
Foliar	667,51	60	A	
Radial	718,87	60		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 40,84890				
Error: 12679,4175 gl: 115				
Ciclos	Medias	n		
1xsem	674,66	60	A	
2xsem	711,73	60	A	

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 59,99977				
Error: 12679,4175 gl: 115				
Concentr.	Medias	n		
30%	641	40	A	
70%	667	40	A	
100%	771,43	40		B
Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)				

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Bioestadística

APÉNDICE F

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE BANANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN ANAERÓBICA.

Análisis de Varianza y prueba Tukey para determinar diferencias entre los promedios de los tratamientos para el parámetro clorofila

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ABC	120	0,26	0,23	16,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	501117,22	4	125279,3	9,88	<0,0001
Vías	79150,9	1	79150,9	6,24	0,0139
Ciclos	41229,25	1	41229,25	3,25	0,074
Concentr.	380737,07	2	190368,5	15,01	<0,0001
Error	1458133,01	115	12679,42		
Total	1959250,23	119			

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 40,84890				
Error: 12679,4175 gl: 115				
Vías	Medias	n		
Foliar	667,51	60	A	
Radial	718,87	60		B
Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)				

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 40,84890				
Error: 12679,4175 gl: 115				
Ciclos	Medias	n		
1xsem	674,66	60	A	
2xsem	711,73	60	A	
Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)				

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 59,99977				
Error: 12679,4175 gl: 115				
Concentr.	Medias	n		
0,3	641,1	40	A	
0,7	667,05	40	A	
1	771,43	40		B
Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)				

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Bioestadística

APÉNDICE G

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE BANANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN ANAERÓBICA.

Análisis de Varianza y prueba Tukey para determinar diferencias entre los promedios de los tratamientos para el parámetro severidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ABC	60	0,19	0,13	12,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,37	4	0,09	3,26	0,018
Vías	0,25	1	0,25	8,89	0,0043
Ciclos	0,03	1	0,03	1,08	0,3035
Concentr.	0,09	2	0,04	1,54	0,2241
Error	1,56 55		0,03		
Total	1,93 59				

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,08728				
Error: 0,0284 gl: 55				
Vías	Medias	n		
Foliar	1,263	30	A	
Radial	1,39	30	B	
Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)				

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,08728				
Error: 0,0284 gl: 55				
Ciclos	Medias	n		
1/sem	1,3	30	A	
2/sem	1,34	30	A	
Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)				

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,12853				
Error: 0,0284 gl: 55				
Concentr.	Medias	n		
0,7	1,27	20	A	
1	1,34	20	A	
0,3	1,36	20	A	

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Bioestadística

APÉNDICE H

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE PLÁTANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN AERÓBICA Y ANAERÓBICA.

Análisis de Varianza y prueba Tukey para determinar diferencias entre los promedios de los tratamientos para el parámetro altura.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ABC	240	0,04	0,02	9,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	10949,01	5	2189,8	1,99	0,0811
Fermentacion	5462,13	1	5462,13	4,96	0,0269
vias	1668,22	1	1668,22	1,52	0,2196
ciclos	2153,7	1	2153,7	1,96	0,1632
concentr	1664,96	2	832,48	0,76	0,4706
Error	257626,6	234	1100,97		
Total	268575,6	239			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 8,51144				
Error: 1100,9682 gl: 234				
Fermentacion	Medias	n		
Aerobico	361,08	120	A	
Anaerobico	370,63	120		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 8,51144				
Error: 1100,9682 gl: 234				
Vias	Medias	n		
Radical	363,22	120	A	
Foliar	368,49	120	A	

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 8,51144				
Error: 1100,9682 gl: 234				
Ciclos	Medias	n		
2/SEM	368,86	120	A	
1/SEM	362,85	120	A	

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 12,50179				
Error: 1100,9682 gl: 234				
Concentr	Medias	n		
30%	362,39	80	A	
70%	366,41	80	A	
100%	368,77	80	A	

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Bioestadística

APÉNDICE I

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE PLÁTANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN AERÓBICA Y ANAERÓBICA.

Análisis de Varianza y prueba Tukey para determinar diferencias entre los promedios de los tratamientos para el parámetro clorofila.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ABC	240	0,33	0,31	12,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	2402554	5	480510,8	22,89	<0,0001
Fermentacion	1382913	1	1382913	65,87	<0,0001
vias	163850,8	1	163850,8	7,8	0,0056
ciclos	170641,1	1	170641,1	8,13	0,0047
concentr	685149,1	2	342574,6	16,32	<0,0001
Error	4912478	234	20993,5		
Total	7315033	239			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 37,16705				
Error: 20993,4977 gl: 234				
Fermentacion	Medias	n		
Aerobico	1094,24	120	A	
Anaerobico	1246,06	120		B
Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0,05)				

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 37,16705				
Error: 20993,4977 gl: 234				
Vias	Medias	n		
Foliar	1144,02	120	A	
Radical	1196,28	120		B
Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0,05)				

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 37,16705				
Error: 20993,4977 gl: 234				
Ciclos	Medias	n		
1/SEM	1143,49	120	A	
2/SEM	1196,81	120		B
Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)				

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,86968				
Error: 24,6244 gl: 234				
Concentr.	Medias	n		
30%	22,28	80	A	
70%	26,43	80		B
100%	27,35	80		B
Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)				

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Bioestadística

APÉNDICE J

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIXIVIADOS DE RAQUIS DE PLÁTANO OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACIÓN AERÓBICA Y ANAERÓBICA.

Análisis de Varianza y prueba Tukey para determinar diferencias entre los promedios de los tratamientos para el parámetro severidad.

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,00970				
Error: 0,0007 gl: 113				
Fermentación	Medias	n		
Anaerobico	0,36	59	A	
Aerobico	0,38	60		B
Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)				

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,00970				
Error: 0,0007 gl: 113				
Vias	Medias	n		
Radical	0,36	59	A	
Foliar	0,38	60		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,03967				
Error: 0,0119 gl: 113				
Ciclos	Medias	n		
2/sem	1,19	60	A	
1/sem	1,2	59	A	

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,01974				
Error: 0,0014 gl: 113				
Concentr.	Medias	n		
70%	0,34	40	A	
100%	0,34	40	A	
30%	0,36	39		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Fuente: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). Área de Bioestadística

BIBLIOGRAFÍA

1. 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. Tesis de grado (Ing. Agrónomo) Guácimo, Costa Rica. p121.
2. SICA 2007. Proyecto de servicios de información y censo agropecuario.
3. Arévalo, J. 1998. Efecto de bioabono líquido en la producción de pastos y en la fertilidad del suelo. <http://www.raaa.org> (visitado, Mayo2009)
4. Ingham, E. 2005. The compost tea brewing manual. 5th edition. Soil Foodweb Incorporated. Oregon- USA. P.69.
5. Gómez, J. 2000. Abonos Orgánicos. FERIVA. Cali, Colombia. p105.
6. Suquilanda M. 1998. Agricultura Orgánica. Manual práctico para la elaboración del biol. Quito, Ecuador. p3.

7. Suquilanda M. 1996. Agricultura Orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Quito, Ecuador. p173.
8. Mourichon X., Carlier J., and Fouré E. 1997. Sigatoka leaf spot diseases. *Musa* disease. Fact sheet no. 8. Montpellier, France, INIBAP.
9. Diver, S. 2001. Notes on Compost Teas: A 2001 supplement to the ATTRA publication: Compost Teas for Plant Disease Control. <http://attra.ncat.org> (consultado Mayo, 2009)
10. Brinton, W., Trankner, A. y Droffner, M. 1996. Investigations into liquid compost. *Biocycle* 37:11 68-70.
11. Suquilanda M. 1996. Agricultura Orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Quito, Ecuador. p240.
12. Suquilanda, M. 2001. Manejo alternativo de Sigatoka Negra en Ecuador. *Cultivo Controlados*. p4.
13. Espinoza, L. 2007. Monitoreo in vitro del potencial de cinco nutrientes (B, Zn, Mn, Cu, Si) sobre el desarrollo de diferentes estructuras de *M fijiensis*. ESPOL-Tesis de Grado. Ecuador.
14. Crow, P. 2009. Aplicación de métodos estadísticos multivariados en el estudio de calidad de enmiendas orgánicas sólidas y líquidas

preparadas en las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro. ESPOL-Tesis de Grado. Ecuador.

15. Duicela. G, 2003. Enmiendas orgánicas en el cultivo del banano. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/.../5761/.../CAPITULO%20I.doc> (visitado, Enero 2010).
16. Chávez, E, 2009. Determinación de la calidad de biofertilizantes líquidos y estudio del potencial para la inhibición de *mycosphaerella fijiensis* (morelet) en condiciones controladas y como alternativa en el manejo de sigatoka negra en sistemas de producción orgánica. ESPOL-Tesis de Grado. Ecuador.
17. Suquilanda M. 1996. Agricultura Orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Quito, Ecuador. p 66.
18. Prabowo, N., L. Tohiruddin, T.H. Fairhurst, H.L. Foster, and N. Evi. 2002. Efficiency of fertilizer recovery by oil palm in Sumatra. p 9.
19. Espinosa, J., and F. Mite. 2002. Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. p.397-407.
20. Lahav, E. y Turner, D. 1992. Fertilización del banana para rendimientos altos. Segunda edición. Boletín No 7. Instituto de la potasa y el fosforo. Quito. Ecuador. p71.

21. López, A. y Espinoza, J. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano. CORBANA/INPOFOS, Quito, Ecuador.
22. Ronen, E .2005. Fertilización Foliar. Otra exitosa forma de nutrir a las plantas.<http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Foliar%20-%20Otra%20forma%20exitosa.asp>. (consultado, Febrero 2010).
23. Grupo Latino Ltda. 2004. Abono, Lombricultura y Compostaje. http://www.cdmb.gov.co/ant_htdocs/isis/boletines/bol2004/diciembre/diciembre.htm. (consultado, Diciembre 2009).
24. Bertsch, F. 1995. La fertilidad de suelos y su manejo. 1ra ed. ACCS. San José, Costa Rica.
25. Fageria, N.K., Baligar V.C., Jones C.A. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc. New York, U.S.A.
26. López, A., Espinosa J. 2000. Manual on the nutrition and fertilization of banana. Potash & Phosphate Institute & Corporación Bananera Nacional. Costa Rica.
27. Cervantes, M. Abonos orgánicos. Importancia de los abonos orgánicos.http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm (consultado, Enero 2010).

28. Núñez, R. 1989. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa nacional del banano. El cultivo del banano.
29. Pérez, L. 1993. Epifitiología de la mancha de la hoja del plátano (sigatoka) causada por *Mycosphaerella musicola*. Factores influyen en el periodo de incubación y el desarrollo de la enfermedad en Cuba. Agrotecnia de Cuba. p55-64.
30. Aguilar, E., Turner, D. y Sivasthamparam, K. 2000. *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* inoculation and hipoxia alter peroxidase and banana cultivars (*Musa sp*) differing in the susceptibility to Fusarium wilt. Australian Journal of Botany. p589-596.
31. Pocasangre, L. Alerta bananera, el *fusarium* raza 4 amenaza los cultivos. http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=8711(consultado , Febrero 2010).
32. Jones, D. 2000. Introduction to banana, abacá and enset. In: Introduction to Banana, Abaca and Ensete. D. Jones (ed) CAB International. Wallingford, UK. p36.
33. Liberato, J. y Gasporotto, L. 2006. Moko disease of banana (*Ralstonia solanacearum*) Pest and Diseases Image Library. <http://www.padil.gov.au>. (consultado, Octubre 2009).

34. Stover R. 1972. Banana, plantain and abaca diseases. Commonwealth Mycological Institute/Commonwealth Agricultural Bureaux, Kew, United Kingdom. 316pp.
35. Belalcázar S., V.M. Merchán & M. Mayorga. 1991. Control de Enfermedades. En el cultivo del plátano en el trópico. Comité Departamental de cafeteros del Quindío. ICA. CIID. INIBAP. Armenia, Quindío, Colombia. p243-297.
36. Flor, H. 1971. Currents status of the gene-for-gene-concept. Annu. Rev. Of Phytop. p275-296.
37. Yun, D., Bressan, R. and Hasegawa, P. 1997. Plant antifungal proteins. Hort. p39-87.
38. Agrios, G. 1997. Fitopatología 5^{ta} Edición. Editorial Limusa, Mexico. p142.
39. Kagale, S., Marimuthu, T., Thayumanavan, B., Nandakuman, R. and Samiyappan, R. 2004. Phys. and Mol. Plant Path. p91-100.
40. Consejo Zuliana de Planificación. 1994. Plan integral control de la Sigatoka negra en las zonas plataneras de Maracaibo-Venezuela. Mimeografiado. p15.

41. Cooz, R y Chávez, L 1992. Informe Técnico sobre la situación actual de la Sigatoka Negra en el sur del Lago de Maracaibo. UNISUR-FONAIAP. Venezuela. p1-10.
42. Guzmán, M. 2006. Estado actual y prespectivas futuras del manejo de la Sigatoka Negra en America Latina. En: Menorias XVII Reunión Internacional ACORBAT 2006. Bananicultura: un negocio sostenible. E. Soprano; FA. Tcacenco; LA. Lichtemberg; MC(eds). Editorial Epagri. Joinville, Brasil. p83-91.
43. Mejia, T. 2003. Híbridos darían salida a crisis del banano. <http://tierramerica.com> (consultado, Mayo 2009).
44. Rivas, G. y Rosales, F. 2003. Actas de taller "Manejo convencional alternativo de la Sigatoka Negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas, celebrado en Guayaquil- Ecuador. Agosto 11-13
45. Osorio, G. 2006. Evaluacion de hongos endofiticos y extractos botánicos para el control de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* *Moralet*) en el banano Tesis sometida a concentración del Programa de Educacion para el Desarrollo y la Conservacion del Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza: Turrialba Costa Rica. P90.

46. Arevalo, J. 1998. Efecto del bioabono liquido en la producción de pastos y en la fertilidad del suelo. <http://www.raaa.org> (consultado, Mayo 2009).
47. Marin, B., Villadiego, M. y Barrera, J. 2006. Evaluación de extractos vegetales para el control de *Mycosphaerella fijiensis* Moralet en plátano Harton (Musa ABB) en Córdova, Colombia. XVII Reunión Internacional de Asociaciones para la Cooperación de la investigación sobre Banano en Caribe y América Tropical. ACORBAT. Joinville, Brasil.
48. Benalcazar, C., Merchan, V. y Mayorga, M. 1991. El cultivo del plátano (Musa AAB, Simmonds) en el trópico: ICA, Manual de Asistencia Técnica No. 50. Cali, Colombia. p376.
49. Fullerton, R. and Stover, R. 1990. Sigatoka leaf spot diseases of banana: Proceeding of an international workshop held at San José Costa Rica, 28 March- 1 April, 1989. INIBAP. Montpellier, France. p374.
50. Suquilanda M. 1996. Agricultura Orgánica. Manual práctico para la elaboración de biol. Quito, Ecuador. p30.