

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LOS EXTRACTOS NATURALES EN EL CONTROL DE
LA PODREDUMBRE DE LA CORONA DEL BANANO (Musa AAA), EN
LA FASE DE POST - COSECHA**

CELIA CAROLA ALIAGA PATÓN

**La Paz – Bolivia
2005**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**EFFECTO DE LOS EXTRACTOS NATURALES EN EL CONTROL DE LA
PODREDUMBRE DE LA CORONA DEL BANANO (Musa AAA), EN LA
FASE DE POST - COSECHA**

Tesis de Grado presentado como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo.

CELIA CAROLA ALIAGA PATÓN

Asesores:

Ing. M. Sc. Celia Fernández Chavez

Ing. Agr. Fernando Bohórquez

Comité Revisor:

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

Ing. Agr. Rafael Murillo Garcia

APROBADA

Decano

Ing.M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera

DEDICATORIA

**A mis padres
Por todo el amor y comprensión
que siempre me brindaron y
a mis hermanos por su apoyo incondicional.**

.

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Tabla de contenido	v
Lista de Cuadros	iii
Lista de Figuras	iv
Lista de Anexos	viii
Resumen.....	vi
	Paginas
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Origen e importancia del cultivo de Banano.....	3
2.1.1 Descripción taxonómica.....	3
2.1.2 Descripción botánica del banano	4
2.1.3 Cosecha	6
2.2 Enfermedades que causa la podredumbre de la corona del banano en post cosecha.....	9
2.2.1 Descripción general de los patógenos que causan la podredumbre de la corona del banano.....	9
2.2.2 Descripción de los hongos que causan la pudrición	10
2.2.3 Distribución geográfica de los patógenos que causan la podredumbre del banano.....	16
2.2.4 Importancia económica de la podredumbre	16
2.2.5 Otras enfermedades del banano.....	17
2.2.6 Efecto del medio ambiente en el desarrollo de enfermedades	18
2.3 Producción orgánica	19
2.3.1 Producción orgánica del banano	19
2.3.2 Extracto natural	21

2.3.3 Extractos naturales que actúan como funguicidas y bactericidas.....	25
III. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 Localización	27
3.1.1 Características climáticas	27
3.1.2 Fisiografía	27
3.2 Materiales	29
3.2.1 Material Biológico	29
3.2.2 Material Químico	29
3.2.3 Equipos y materiales	29
3.3 Métodos	30
3.3.1 Investigación en Laboratorio.....	30
3.3.1.1 Aislamiento de hongos que causan la podredumbre.....	30
3.3.1.2 Metodología para la investigación	31
3.3.1.3 Preparación de dosis de extractos de limón y toronja	32
3.3.1.4 Prueba de actividad antifungica	32
3.3.2 Investigación en Campo	33
3.3.2.1 Preparación de extractos naturales para la aplicación en las muestras.....	33
3.3.2.2 Aplicación de los extractos naturales en las coronas.....	33
3.4 Análisis Estadístico	36
3.4.1 Fase de Laboratorio	36
3.4.2 Fase de Campo	37
3.5 Variables de respuesta	39
3.5.1 Incidencia.....	39
3.5.2 Severidad	39
3.5.3 Crecimiento micelar.....	40
3.6 Análisis Económico	41

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
4.1 Investigación en Laboratorio	42
4.1.1 Identificación de los hongos que causan la podredumbre de la corona del banano.....	42
4.1.2 Análisis Estadístico	47
4.1.2.1 Crecimiento micelial de los patógenos en medio de cultivo con extractos de limón y toronja	47
4.1.2.2 Actividad antifúngica por efecto de los Extractos de limón y toronja sobre los hongos que producen la podredumbre de la corona	50
4.2 Investigación en Campo	54
4.2.1 Evaluación de la incidencia de la podredumbre de la corona del banano.....	54
4.2.2 Evaluación de la Severidad de la podredumbre de la corona del Banano	56
4.2.2.1 Análisis de regresión y correlación de la severidad	59
4.3 Análisis Económico	61
V. CONCLUSIONES	63
VI. RECOMENDACIONES	65
VII. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	66
VIII. ANEXOS	69

LISTA DE CUADROS

	Paginas
Cuadro No. 1 Propiedades Químicas del Limón en 100 g. De sustancia comestible.....	26
Cuadro No. 2 Propiedades Químicas de la Toronja en 100 g. De sustancia comestible	26
Cuadro No. 3 Formulación de tratamientos para laboratorio	37
Cuadro No. 4 Formulación de tratamientos para campo.....	38
Cuadro No. 5 Grado de severidad	39
Cuadro No. 6 Análisis de varianza (ANVA) para el crecimiento micelial de los patógenos por efecto de los extractos de limón y toronja.....	48
Cuadro No. 7 Análisis de comparación de promedios para el factor A.....	49
Cuadro No. 8 Análisis de comparación de promedios para el factor B	49
Cuadro No. 9 Análisis de varianza (ANVA) de banano tratado con extractos de limón y toronja.....	58
Cuadro No. 10 Análisis de comparación de promedios para extractos	59
Cuadro No. 11 Análisis de comparación de promedios para dosis	59
Cuadro No. 12 Análisis de regresión	60
Cuadro No. 13 Presupuesto parcial del ensayo de control de la podredumbre de la corona del banano.....	61

LISTA DE FIGURAS

	Paginas
Figura No.1 Estructura del hongo <i>Colletotrichum spp.</i>	11
Figura No. 2 Estructura del hongo <i>Fusarium spp.</i>	13
Figura No. 3 Estructura del hongo <i>Verticillium spp.</i>	15
Figura No.4 Cloters o mano que muestra los síntomas de la podredumbre de la corona del banano.....	43
Figura No. 5 Vista microscópica del hongo <i>Colletotrichum</i> (40x)	44
Figura No. 6 Vista microscópica del hongo <i>Fusarium</i> (40x).....	45
Figura No. 7 Vista microscópica del hongo <i>Cephalosporium</i> (40x)	46
Figura No. 8 Vista microscópica del hongo <i>Verticillium</i> (40x)	47
Figura No. 9 Actividad antifungica de los extractos de limón y toronja expresada en porcentaje de crecimiento miceliar del hongo <i>Colletotrichum musarum</i>	50
Figura No. 10 Actividad antifungica de los extractos de limón y toronja expresada en porcentaje de crecimiento miceliar del hongo <i>Fusarium roseum</i>	51
Figura No. 11 Actividad antifungica de los extractos de limón y toronja expresada en porcentaje de crecimiento miceliar del hongo <i>Cephalosporium</i>	52
Figura No.12 Actividad antifungica de los extractos de limón y toronja expresada en porcentaje de crecimiento miceliar del hongo <i>Verticillium</i>	53
Figura No. 13 Porcentaje de incidencia de la podredumbre de la corona del banano	54
Figura No. 15 Grado de ataque de los hongos en función de los tratamientos	62

Resumen

La provincia Sud Yungas del departamento de La Paz se caracteriza por que en ella se cultiva tradicionalmente el banano. Un factor que limita la exportación de este es la podredumbre de la corona del banano que se observa después de la maduración, que afecta un alto porcentaje de la fruta y ocasiona descartes de consideración. Por esta razón se llevo acabo la investigación en la zona de Alto Beni (Sapecho) con la finalidad de evaluar el efecto de los extractos naturales (Limón y Toronja) para su control y determinar la dosis de aplicación para una Producción Orgánica.

Donde se pudo identificar 4 especies de hongos, como ser: *Colletotrichum musarum*, *Fusarium roseum*, *Cephalosporium* y *Verticilium* y una decena de hongos que no fueron identificados. Luego, se procedió a evaluar la acción antifungica de los extractos de limón y de toronja en laboratorio frente a los hongos, aislados con dosis de 500, 250, 130 y 60 $\mu\text{L}/\text{ml}$. donde las dos primeras dosis presentaron una acción antifungica.

En campo se utilizó concentraciones de 100%, 50% y 25% de extracto de limón y toronja mediante los cuales se evaluaron la incidencia y severidad, obteniéndose los mejores resultados con las dosis mas altas (100%), con los cuales se registro el menor porcentaje de incidencia y severidad.

A partir de las dosis de aplicación, se pudo observar que a medida que se disminuye la dosis, se reduce la actividad antifungica de los extractos y se incrementa la incidencia y severidad de la podredumbre de la corona del banano esto, porque disminuye los componentes activos de la solución aplicada al fruto (Ácido cítrico, azufre y cloro).

I. INTRODUCCION

La provincia Sud Yungas es la región agrícola más importante del departamento de La Paz donde la producción de bananos se ha difundido considerablemente, la cual es orgánica por tradición y en sistemas de cultivos asociados.

El cultivo de banano tiene una especial importancia, ya que el fruto que se obtiene de la planta forma parte de la alimentación diaria debido a su inigualable sabor y a su composición nutricional, lo que ocasiona que su demanda sea permanente en el mercado, con diferencia a otros cultivos estacionales, el banano se cosecha durante todo el año, constituyéndose de esta manera en un soporte económico para los agricultores de la zona.

Uno de los problemas principales con los que confronta la producción de bananos, son las enfermedades causadas por hongos en la fase de postcosecha, que ingresan a la herida producida en la corona por el desmane, lugar por donde las esporas penetran y se desarrollan, siendo estas beneficiadas con las condiciones ambientales que se le da para la maduración que ocasiona la pudrición de la corona en distinto grado y cuando es severa, hace que caigan los dedos (pedicelos), disminuyendo la calidad del producto, Snowdon (1990).

En la actualidad en el departamento de Cochabamba el control de las plagas y enfermedades, se basa en el empleo de pesticidas, como los funguicidas químicos que en dosis elevadas y mal empleadas son tóxicos y afectan al medio ambiente y la salud humana, Arévalo (2000).

Por lo cual, en los últimos años, se han desarrollado técnicas de lucha integral contra plagas y enfermedades, entre estos, el uso de extractos naturales obtenidos de plantas que coadyuven el equilibrio ecológico, ya que estos productos son biodegradables y de fácil disolución.

La presente investigación se realizó con la finalidad de reemplazar los fungicidas químicos como ser el benomyl por fungicidas a base de extractos naturales, incentivando así a los agricultores a la producción orgánica, para mejorar la economía del agricultor y de la región.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Estudiar el efecto de dos extractos naturales en el control de la podredumbre de la corona del banano en la fase de pos- cosecha.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar los agentes patógenos que causan la podredumbre de la corona del banano.
- Determinar la dosis de aplicación de dos extractos naturales para el control de la podredumbre de la corona del banano.
- Determinar el beneficio marginal, a través de los costos parciales

Hipótesis

Ho. No existe diferencias significativas entre las dosis de aplicación de los dos extractos para el control de la podredumbre de la corona del banano.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Origen e importancia del cultivo de banano

Se presume que el llamado centro de origen del banano se encuentra ubicado en el sureste asiático e Indochina y en esta región ocurrió su domesticación (Simmonds, 1962 y Soto 1990).

Dentro de la familia de las musaceas, el genero *musa* ha adquirido importancia en la alimentación humana a nivel mundial, de el derivan dos tipos específicos; los plátanos de cocción ***Cooking bananas***, y los bananos que se consumen crudos **Dessert bananas** , (Roca y Mrogenki, 1991).

El banano es uno de los cultivos más importantes y sin embargo, menos estudiadas a nivel mundial, es el alimento básico de millones de personas en los países tropicales en vías de desarrollo y una importante fuente de ingresos para los mercados locales e internacionales. Los bananos de exportación generalmente se producen en Sudamérica y la zona del pacifico, donde el cultivo tiene una gran relevancia socioeconómica (Frison y Shorrck, 2000).

2.1.1 Descripción taxonómica del banano

Según U.S.D.A (2004) el banano taxonómica mente se clasifica de la siguiente manera:

División : Magnoliophyta
Clase : Liliopsida
Subclase : Zengibaridae
Orden : Zengibarales
Familia : Musaceae

Sub familia : Musoidaea

Genero : Musa

Especie : Musa AAA

2.1.2 Descripción botánica del banano

▪ Sistema radicular

Las principales funciones de las raíces son el enclaje, la absorción de agua y nutrientes, la síntesis de hormonas y el almacenamiento, (Ortiz, 2001).

El sistema radicular de las plantas del banano es adventicia, la mayor parte se encuentra creciendo cerca de la superficie del suelo, esta compuesto por un eje radicular, del cual se producen las raíces laterales primarias (de primer orden), a partir de ellas se desarrollan las raíces laterales secundarias (de segundo orden), (Soto 1996).

▪ Bulbo cormo o rizomas

El bulbo es un tallo de almacenamiento que ayuda a sustentar el crecimiento del racimo y desarrollo de los “hijos” de la planta .Según Robinsón (1996), antes de la floración el cormo contiene cerca del 35% del total de la materia orgánica de la planta, este porcentaje baja a un 20% al momento de la madures del fruto.

El verdadero tallo aéreo se inicia a partir del cormo y termina en la inflorescencia. La función es de conexión vascular entre las hojas y las raíces, y los frutos y las hojas (Stover y Simmonds, 1987).

▪ Sistema foliar

La hoja del banano según Champeón (1968), esta constituido por vaina foliar pseudopecíolo y laminas.

León 1987, menciona que el pseudotallo esta formado por las vaina envolventes de las hojas, las primeras hojas de los hijos se producen partiendo del meristemo central y se conocen como hojas.

Por otra parte las hojas se componen de cuatro partes: vaina, pecíolo, lamina y apéndice, que desarrolla de modo distinto, de acuerdo a la edad de la planta, (León, 1987).

▪ **Inflorescencia**

Inflorescencia esta formada por glomérulos florales o grupos de flores dispuestas en dos hileras e insertadas en abultamientos del raquis conocidos como coronas, en términos comerciales a esto se lo conoce como “**manos**” (Ortiz, 2001).

Según Arnes (1980), el numero de manos y dedos en un racimo, esta determinado por las condiciones ambientales y fisiológicas que prevalecen cuando se efectúa la diferenciación floral que va entre 90 y 100 días antes de emerger la inflorescencia o bellota.

Campeón (1968), indica que. Cuando termina la parición, comienza el desarrollo de todo el racimo, época en la cual los **dedos** inician su desarrollo curveándose ligeramente por geotropismo (debido a que poseen muchos haces fibrosos). Las bracteas más grandes empiezan a caer una vez que los dedos toman nuevamente la posición vertical, quedando todas las manos descubiertas una tras otra. Debajo de las ultimas manos, el raquíz continua alargándose con dirección al suelo.

▪ **Fruto**

Cuando un racimo llega a su fase de corte los bananos aumentan más en espesor y se hacen más compactos. Las células de la pulpa se llenan de almidón, y la

transformación de almidón en azúcares solubles es deficiente cuando el racimo permanece en la planta. El momento oportuno del corte del racimo está dado en el periodo en que líneas se redondean dejando las aristas apenas perceptibles. (Soto,1995).

Stover y Simmonds (1987), señalan que las características pomológicas de los dedos son: el grado (Diámetro), longitud y curvatura. El grado y la longitud del dedo decrecen linealmente desde la cuarta a la última mano (mano apical).

Los mismos autores señalan que la longitud de dedo es la medida más importante en prácticas comerciales. La longitud se mide a lo largo de la curva convexa de un dedo desde donde termina la flor hasta la base del pedicelo, la longitud de dedos debe ser de 20 a 15 cm. de largo.

2.1.3 Cosecha

Campeón (1968), señala que la edad fisiológica de la fruta se refiere al periodo (en días) que el racimo toma para alcanzar un grado aceptable de cosecha y que resulta en el mas alto retorno del racimo. El grado de corte y la edad de la fruta están determinados por factores como: demanda, distancia de los mercados, volumen de fruta en las plantaciones y estación del año.

Según Augura (1986), el corte se debe aplicar en todo racimo que cumpla con las condiciones de calibración y /o edad estipuladas a la orden de corte, el procedimiento indicado por dicho autor, es el siguiente:

Se identifica la mata a cortar según el color de cinta: se calibra el dedo de la segunda mano del racimo según ordenes de corte. Se corta con machete el raquíz del racimo por encima del amarre de la bolsa plástica.

- **Desflorado y desmanado**

El desflorado según Perea (2003), consiste en eliminar los residuos de flores que queden en los dedos de los racimos retirados del lugar de la cosecha, el procedimiento consiste en desprender suavemente las flores en forma manual.

El desmane es muy importante para prevenir el daño por golpes, raspaduras y daños al cuello o pedicelos de los dedos. Este corte de manos se realiza con un cuchillo curvo bien afilado para asegurar una superficie lisa de corte. El corte debe ser realizado lo mas cerca del raquíz para que quede suficiente corona en la mano.

- **Gajeado o closteado (División de gajos)**

Según Perea (2003). La división de manos consiste en fraccionar las manos en gajos. Aconseja cortar las manos grandes en tres gajos y las pequeñas en dos, nunca deben arrancarse porque se deja en el gajo una rasgadura que sirve de entrada de hongos y bacterias.

- **Eliminación de látex y cicatrización**

La eliminación de látex recibe también el nombre de desleche, consiste en dejar reposar los gajos en los tanques, para que el látex no manche la fruta que va a ser empacada. El tiempo de permanencia en el tanque es de 12 a 15 minutos y suficiente cantidad de agua para evitar la acumulación del látex, el tanque debe contener una solución cicatrizante (Augura, 1986).

- **Desinfección, empaque y pesaje de fruta**

Según Augura (1986), la desinfección se realiza luego de sacar los gajos del tanque de desleche y se coloca en otro tanque de inmersión manual de la fruta que contiene una solución desinfectante. Posteriormente se procede al empaque de la fruta en cajas destinadas para este fin y luego se la pesa, debiendo tener un peso correcto para el mercado al que esta destinado.

- **Maduración del banano**

A medida que los bananos entran a la fase de maduración de consumo, el almidón se convierte en azúcar, aumentando con ello su dulzura, los ácidos orgánicos y los aromas son componentes importantes del sabor. (Soto, 1995).

El elemento que señala el inicio de la maduración es la presencia en grandes cantidades de la hormona vegetal etileno, misma que desencadena la producción de más etileno que a su vez inicia los cambios asociados a maduración que serían principalmente:

- ❑ Aumento de respiración y por tanto producción de CO₂
- ❑ Ablandamiento de la pulpa
- ❑ Cambios de color, usualmente desaparece el color verde y da paso a colores amarillos, el patrón de cambio es bastante definido en bananos Cavendish.
- ❑ Cambios en sabor
- ❑ Aumento de la concentración de azúcares y disminución del almidón.

Esta serie de cambios lleva hasta un estado de maduración óptimo para el consumo (color amarillo parejo), después de ese estado la fruta entra en lo que se conoce como senescencia (grado 7) y eventualmente se llega al desarrollo de colores, olores y sabores desagradables y a la muerte de la fruta. (Sainz, 2002).

- **Temperatura óptima de maduración**

Según Sainz (2002), la Temperatura óptima para la maduración es de 14 a 24°C y la humedad relativa de 90% a 95%.

2.2 Enfermedades que causan la podredumbre de la corona del banano en pos cosecha

2.2.1 Descripción general de los patógenos que causan la podredumbre de la corona del banano

Las enfermedades post- cosecha pueden ocasionar serias pérdidas de fruta tanto en términos de cantidad, como de calidad, la podredumbre de la corona es una de las enfermedades más importantes de los bananos en pos- cosecha. Esta podredumbre es causada por un complejo de hongos (Simmonds, 1987).

- **Organismos que causan la enfermedad**

Varios hongos son los responsables del moho y podredumbre de la corona. Un estudio detallado encontró los siguientes: *Colletotrichum musae*, *Fusarium roseum*, *Fusarium moniliforme* y *Botrydipodia theobromae*. Otras especies incluyendo *Cephalosporium sp.* *Verticillium theobromae*, han sido asociadas con el complejo de la podredumbre de la corona (Snowdon, 1990).

- **Modo de infestación o infección**

Los hongos que causan la podredumbre de la corona, crecen y esporulan en las hojas como flores, bracteadas y hojas transicionales que están muertas o en periodo de descomposición. Estos hongos no pueden infectar si no hay heridas, (Agrios, 1996).

Las esporas de los hongos que se encuentran sobre la fruta en el campo son trasladados (después de cortar los racimos) a la estación de empaque. Las esporas siguen la fruta hacia los tanques de lavado de látex, donde penetran profundamente en el punto débil, que es la herida en el tejido de la corona (debido al desmane). Las esporas también permanecen en el exterior de la fruta y son empacadas junto con este.(Umaña, 2002).

- **Síntomas**

- a) Ablandamiento y ennegrecimiento de los tejidos en la superficie del corte de la corona.
- b) Moho de color blanco, gris o rosado puede formarse en la superficie de la corona cortada
- c) Los tejidos infectados se tornan negros y la podredumbre puede avanzar hacia el pedúnculo del dedo.
- d) Cuando la infección es severa, los dedos caerán de la corona si esta se cuelga.
- e) La severidad de la podredumbre de la corona es altamente impredecible y se desconoce por que algunas manos tienen la podredumbre y otra no. (Snowdon,1990)

2.2.2 Descripción de los hongos que causan la pudrición

- a) **Descripción del hongo *Colletotrichum musarum*.**

Según Menezes (2004) menciona que el hongo *Colletotrichum musarum* es un patógeno común de los frutos de banano causa antracnosis con una amplia distribución geográfica, donde se cultiva el banano. Económicamente es un patógeno muy importante por causar perjuicios en poscosecha y también a nivel de campo (Jiffries *et al.*, 1990), siendo un factor limitante de calidad perjudicando la comercialización del fruto.

En condiciones favorables, los conidios de *Colletotrichum musarum* germinan sobre la superficie en frutos inmaduros, dentro de 6 a 8 hs, produciendo un tubo germinativo, forman apresorios, este órgano capacita al patógeno a sobrevivir en condiciones adversas. Cuando *C.musae* penetra en frutos inmaduros generalmente permanece latente hasta el inicio del proceso de maduración.

El mismo autor señala que un medio de PH 6.0, es considerado optimo para la germinación de conidios, la humedad relativa de 90 a 100 % son importantes para el proceso fisiológico, con relación a la temperatura optima para el crecimiento miceliar esporulación y germinación de conidios, es de 27 a 30 °C., según Cox y Irwin (1988) es de 26 a 28°C. Entre tanto para otras especies de *Colletotrichum* la temperatura optima puede variar de 20 a 30°C.

Agrios (1996), Indica que produce periticios de cuello largo, con ascosporas hialinas, curvadas y unicelulares. También presentan acérvulos circulares con setas, conidioforos simples conidios hialinos, ovales o oblongos o fusiformes.

El mismo autor señala que estos hongos requieren lluvia seguida de alta humedad relativa y de una capa de agua que persista sobre las hojas , tanto para la producción de inoculo como para la diseminación y penetración, se incluyen aquí los hongos cuyas esporas forman masas mucilaginosas .

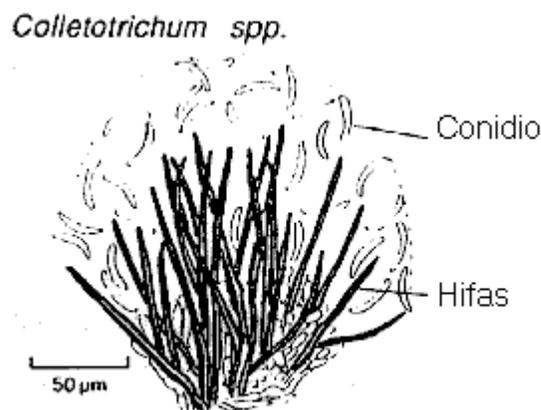


figura N° 1 Muestra la estructura del hongo *Colletotrichum spp.*

- **Clasificación taxonómica**

Según, Herbas (1981), se tiene la siguiente clasificación:

Clase ; Deuteromycetes
Orden : Melanconiales
Familia : Melaconiaceae
Genero : *Collecotrichum*
Especie : *Colletotrichum musarum*

- **Síntomas**

Las alteraciones de la corona se manifiestan en forma de lesiones oscuras que cuando se difunden los pecíolos de los dedos, estos caen, produciéndose a menudo grandes pérdidas económicas. Los extremos del fruto se oscurecen de color con una transición gradual a través de un borde de aspecto acuoso, marrón grisáceo, hasta la piel sana, de color amarillo. La carne va siendo penetrada lentamente por las hifas y finalmente se reduce a una masa pulposa húmeda, desintegrada. La piel negra pardusca eventualmente se cubre de esporas rojo oscuro (Saéñz , 2003).

b) Descripción *Fusarium roseum*

Seifert (2001), sostiene que muchas especies de este género causan lesiones necróticas en las raíces, tallos y los frutos, la colonia de *Fusarium roseum* presenta un color rosado pálido con el micelio algodonoso, los periticios son superficiales, con ascosporas fusiformes tri o tetra-celulares, las Macroconidias curvadas, pluriceptadas con una célula apical puntiaguda, las Microconidias unicelulares, elipsoidales, con una base redondeada con hifas no diferenciadas, a menudo forman clamidiosporas.

El crecimiento de los micelios suele variar de acuerdo a la temperatura y al PH, por lo cual el PH optimo para *Fusarium roseum* es al rededor de 5.5 a 7.5 con una temperatura de 25 a 30°C. (Marasas *et al* 2001).

Muchas de las especies de este genero son solo saprofitas o patógenos muy débiles. Entre los patógenos de importancia hay dos grupos generales 1) los que producen pudriciones del tallo y de las raíces, *fusarium roseum*. 2) los que producen marchites vascular *Fusarium oxisporium*. (Gonzáles, 1989).

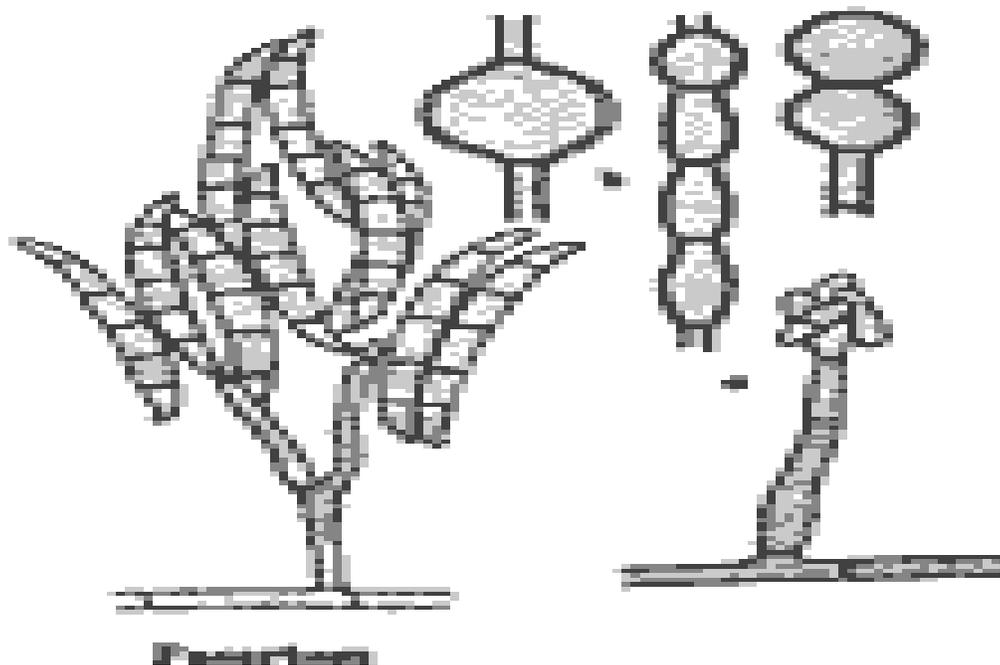


Figura N° 2 La figura muestra la estructura del hongo *Fusarium sp.*

▪ **Clasificación taxonómica**

Clase : Deuteromycetes

Oreden : Moniliales

Familia: Moniliaceae

Genero: *Fusarium*

Especie: *Fusarium roseum*

- **Síntomas**

Los extremos del borde de la corona de los bananos después de la maduración aparecen de color negro y con mohos de color blanco, causando el ablandamiento de la corona y a veces avanza hasta los pedicelos de los dedos.

c) Descripción del hongo *Cephalosporium spp.*

Agrios (1995), indica que las esporas se forman en el micelio sobre hifas sobresalientes o superficiales llamados conidioforos o en estructuras espaciales constituidas por las hifas, llamadas sinnemas, cuando se trata de hifas apretadas en heces y esporodoquio cuando se trata de estructuras en forma de almuadilla.

- **Clasificación taxonómica**

Agrios (1995), presenta la siguiente clasificación.

Clase: Deuteromycete

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Genero: *Cephalosporium*

Especie: *Cephalosporium spp.*

- **Síntomas**

Este presenta como un crecimiento algodonoso en la corona. Es generalmente de color blanco –grisáceo y tiene la característica de que no hay daño en el tejido de la corona aunque no hay pudrición, la apariencia mohosa de la corona reduce la aceptabilidad del consumidor y por tanto la calidad.

d) Descripción del hongo *Verticillium spp.*

Agrios (1996), indica que *Verticillium* inverna en el suelo en forma de microesclerocios o en forma de micelio en plantas perennes y en restos vegetales, estos producen únicamente esporas asexuales de pared gruesa denominadas microesclerocios.

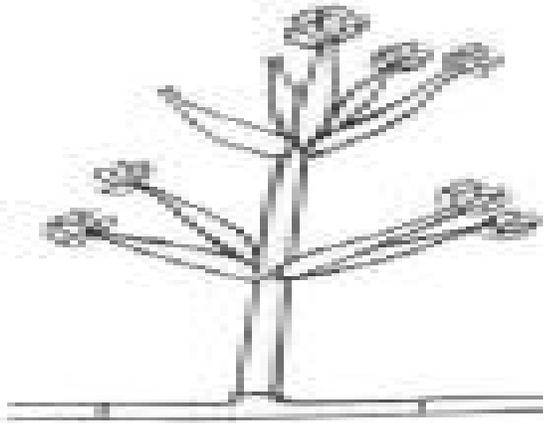


Figura N° 3 Muestra la estructura del hongo *Verticillium sp.*

▪ **Clasificación taxonómica**

Según Agrios (1996), se tiene la siguiente clasificación:

Clase: Deuteromycete

Orden: moniliales

Familia: Moniliaceae

Genero: *Veticilium*

Especie: *Verticillium spp.*

- **Síntomas**

Pudrición negra de la corona del banano aspecto moho de color blanquecino, produciendo una masa pulposa húmeda desintegra la cáscara del banano.

2.2.3 Distribución geográfica de los patógenos que causan la podredumbre del banano.

Los patógenos están distribuidos en toda América Tropical, es común encontrarlo en las áreas costeras de Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Colombia (Stover y Simmonds, 1987). La enfermedad es importante en algunas estaciones en el Ecuador, Colombia, en las islas del Caribe y Suriman.

Debido a que los hongos anteriormente citados son patógenos saprofitos presentes en toda hoja seca de banano, es muy probable que la enfermedad que causa, este mas ampliamente distribuida alrededor del mundo.

2.2.4 Importancia Económica de la podredumbre

Rodríguez (1999), menciona que la importancia económica de la enfermedad esta relacionada con la perdida de calidad de la fruta durante el periodo de transito al mercado o almacenamiento. Rechazos de fruta y demandas millonarias se originan cuando la enfermedad afecta mas del 5% de la fruta al momento de descarga o después de la maduración.

En algunas áreas de Centro América cuando la enfermedad no es controlada, puede causar hasta un 50% de perdidas por descarte de gajos en la empacadora (González, 1987). Además durante el transporte y el almacenamiento otra fruta se vera afectada, debido a inacciones latentes, ocasionando perdida en un 60 % de la fruta embarcada aparezca afectada al llegar a su destino. El mismo autor en

1965 estimo en 80 millones de libras de banano desechadas en toda centro América a causa de la enfermedad.

2.2.5 Otras enfermedades del banano

Ortiz (2001), Menciona que en el banano inciden gran cantidad de enfermedades fungosas y bacterianas, separándose en enfermedades foliares, del pseudotallo, de los frutos y de postcosecha.

a) Enfermedades foliares

Entre las enfermedades foliares según Stover (1972), se tienen:

- Fungosas:

- Sigatoka Amarilla causada por el hongo (*Mycosphaerella musicola*) y (*Fusarium oxysporium*).
- Sigatoca Negra causada por el hongo (*Mycosphaerella fijiensis var. Diformis*).
- Mal de Panama causada por el hongo (*Fusarium oxysporium var. Cubense*).

- Bacterias

- Moko, es una enfermedad bacterial causada por (*Pseudomonas solanacearum*).

b) Enfermedades de los frutos

Las enfermedades del fruto de acuerdo a Stover (1972), se catalogan según su importancia. Dentro las menos importantes se citan a la punta de cigarro (*Trachyspaera fructigena*), la punta encogida (*Xanthomonas spp*) la pudrición seca (*Pseudomonas solanacearum*), la fumagina (*Capnodium spp*), que carecen de importancia económica por su baja incidencia.

Otros investigadores (Brands, 1979 y Eliécer, 1982), coinciden en que existen otras enfermedades que pueden causar grandes pérdidas económicas y elevada proporción de descartes al momento del empaque. Entre estas se indican a la enfermedad de la muñeca o mancha Jonmton (*Pycularia grisae*), la mancha café u ojo rojo (*Cercospora hayi*), la mancha diamante (*Fusarium roseum*, *Cercospora hayi*).

- **Mancha de la fruta**

Las manchas de la fruta contribuyen a elevar los costos y reducir la eficiencia en las empacadoras. Cuando se observa un incremento en la incidencia de manchas de la fruta, el proceso de selección de la fruta disminuye. (Brands, 1975)

Stover y Simmonds (1987) consideran que los hongos causantes de las manchas de los frutos ocasionan grandes pérdidas afectando rara vez a la pulpa. La fruta con presencia de manchas en su cáscara es rechazada por la mala impresión que causa en los compradores, ocasionando que los precios sean bajos y escasa la venta.

2.2.6 Incidencia

French y Hebert (1982) , define que la incidencia es el número de unidades de plantas afectadas, expresado como porcentaje del número total.

Agrios (1996), menciona que la incidencia de la enfermedad, es el número o proporción de plantas enfermas (el número o proporción de plantas y hojas, tallos y frutos que muestran cualquier tipo de síntomas).

El mismo autor señala, que la evaluación de la incidencia es relativamente rápida y fácil de llevar a cabo, y es la media que más se utiliza en los estudios

epifiteologicos para determinar la diseminación de una enfermedad en un campo de cultivo, región o país.

2.2.7 Severidad

La severidad es el grado de ataque, es decir en que medida es afectada la planta por la presencia de la enfermedad en función del tiempo. (MACA, 1993).

2.2.7.1 Preparación de escalas en porcentaje

French y Hebert(1980), indican que para establecer una escala de grados de severidad de una enfermedad cuyo daño se puede estimar según el porcentaje de superficie afectada .(superficie de hojas, tallos, tubérculos y frutos), bajo diversas indicaciones (lugar, fecha, variedades, madures de cultivo) con las muestras dibujos o fotografías que representen el mayor numero posible de severidad observada.

2.2.8 Efecto del medio ambiente en el desarrollo de enfermedades

Para que una planta enferme deben participar tres agentes; un hospedante receptivo (actor muy importante del drama patológico) un patógeno agresivo y un medio ambiente adecuado si alguno de estos no existen es difícil que el proceso progrese (Sarasola, 1979).

De todos los factores que ayudan a que un patógeno infecte a una planta, los ambientales tal vez son los mas importantes, por efecto de las variaciones en temperatura, humedad, presión atmosférica y luz (Bauer, 1991).

- **Humedad**

Agrios (1996), indica que el efecto mas importante de la humedad es la germinación de las esporas de hongos y penetración del tubo germinal en el

hospedero. Por lo tanto la aparición de varias enfermedades en una determinada región se relaciona estrechamente con la cantidad y distribución de la precipitación durante el año, la humedad como salpicadura de lluvia o agua corriente tiene también una importante función sobre la distribución y desimanación de patógenos sobre la misma planta o de una planta a otra.

Según Gonzáles (1987), los patógenos que causan enfermedades en la parte aérea pueden dividirse según sus requerimientos de humedad en: 1) los que requieren lluvias seguida de alta humedad relativa y de una capa de agua que persista sobre las hojas, tanto para la producción de inoculo como para la penetración. Se incluyen aquí los hongos cuyas esporas forman masa musaligenosa (tipo ***Phoma o Colletotrichum***): 2) aquellos hongos cuyo inoculo puede producirse y desimanarse con solo la presencia de condiciones de alta humedad.

- **Temperatura**

Herbas (1981), sostiene que es muy probable que la temperatura del medio afecte la resistencia del hospedante por su efecto sobre la composición química de paredes celulares de los tejidos de la planta.

Agrios (1996), cita que las plantas y patógenos requieren ciertas temperaturas para poder desarrollarse y efectuar sus actividades, todas las etapas del ciclo vital de un patógeno se desarrolla dentro de ciertos límites de temperatura: arriba o debajo de los límites el patógenos lleva una vida latente o muere.

- **PH del suelo**

Agrios (1996), sostiene que el PH también es importante en la aparición y severidad de las enfermedades de las plantas ocasionada por algunos patógenos que moran en el suelo, por ejemplo la hernia de las crucíferas ocasionada por *Plasdiomospora brassicae* es mas predominante y severa a un PH cercano a 5.7,

mientras que su desarrollo decae pronunciadamente en 6.2 y se inhibe por completo a un PH de 7.8.

El mismo autor señala que la acidez favorece a un determinado patógeno, y en muchas otras enfermedades la acidez influye negativamente sobre el patógeno.

El crecimiento micelial de los hongos ocurre en una gran amplitud de valores de pH, encontrándose reportes que señalan que pueden resistir desviaciones desde 3 hasta 12, aunque los niveles óptimos se encuentren entre 5.5 y 6. En estudios más recientes se ha señalado que ocurre una inhibición del crecimiento a valores extremos de 2 y 14. (Larez, 2004).

2.3 Producción orgánica del banano

Según Umaña (2002), el banano es uno de los frutos más consumidos en el mundo y uno de los que mas interés ha generado para ser producido en sistemas naturales que alteren menos el ambiente. Países como Republica Dominicana, Colombia e Israel están vendiendo su producción orgánica a mercados como Estados Unidos y Europa.

Este mismo autor señala que la producción orgánica con calidad requiere de la integración de una serie de factores entre los que se incluyen el manejo adecuado de los recursos naturales, el bienestar de los agricultores, el manejo adecuado del cultivo, buenas practicas en el campo y postcosecha que garanticen la calidad y la seguridad de que el banano no esta contaminado con ningún organismo que pueda producir alguna enfermedad, o con alguna sustancia que afecte la salud de las personas.

2.3.1 Control de enfermedades con métodos naturales

Para contra restar esto, Asociación Orgánica de Productores Ecológicas de Bolivia (AOPEB, 1998) indica que pueden emplearse numerosas preparaciones dirigidas a limitar el desarrollo del patógeno y reforzar la resistencia natural de las plantas, aplicando métodos naturales como. Extractos naturales aceites esenciales y otros preparados.

En la agricultura ancestral, se promovía la utilización de plantas y frutos como repelentes , siembras tempranas, controles manuales y culturales. En las ultimas décadas estas labores fueron poco empleadas y dieron paso a la utilización masiva de productos químicos que en la mayoría de los casos fueron empleados de modo exagerado, (Hoss, 1992)

2.3.2 Extracto Natural

Los productos naturales, o extractos naturales, coadyuvan en mantener el equilibrio biológico, son biodegradables y de fácil disolución, no persisten por mucho tiempo en el suelo y son de fácil aplicación, aunque algunos de ellos eliminan a los enemigos naturales por su toxicidad.(Villaruel, 2000).

Morales (2001), indica que a partir de los extractos naturales se puede producir pigmentos naturales, funguicidas, secuestrantes de mitotoxinas, premezclas de vitaminas y minerales y recientemente antioxidantes y fármacos veterinarios.

Los cuales son productos elaborados de plantas silvestres o frutos que contienen sustancias activas toxicas, para combatir plagas y patógenos no contaminando al ambiente, ni al hombre, de los que se conocen centenares de especies como antídotos, antifúngicos, repelentes, pesticidas, herbicidas, insecticidas y funguicidas, (Gomero,1998).

Mercado (1997), sostiene que de un total de 25 extractos orgánicos y acuosos, sometidos a una prueba antimicótico, se identifico las siguientes familias con actividad fúngica: anacardaceae, lamiaceae, malvaceae, solanaseae, leguminoseae, papinoaceae, rosaseae y loanteceae.

a) Importancia de Extractos Naturales

Los extractos naturales y la producción orgánica son principios de la agro ecología, no perturbando los equilibrios naturales con intervenciones que afecten su estabilidad, los productos extraídos de plantas, aplicados tanto preventivamente como para controlar un ataque severo de plagas y enfermedades, respetan este equilibrio, a través de sustancias contenidas en las plantas que actúan de distintas maneras sobre el patógeno, así como los aceites esenciales impiden la germinación de esporas y crecimiento de los filamentos de los hongos.(Villarroel, 1997).

Las plantas y los animales herbívoros, forman dos elementos de la cadena trófica cuya relación se describe en términos ecológicos como hospedero – depredador. Por ello el uso de extractos naturales para la regulación de plagas y enfermedades agrícolas, busca aprovechar las propiedades específicas de algunas especies de plantas, cuya sustancia química se caracteriza por sus efectos a los organismos fitopatogenos (Hoss, 1992).

Maydana (2002), manifiesta que los Extractos Naturales son constituyentes odoríferos volátiles aromáticos, constituidos por varias sustancias de origen terpenico, que son generados por la ruta biosintetica, comúnmente elaborados por el plasma, vertidos por la vacuola y secretados por esta al exterior de la planta, gracias a las sustancias contenidas en su composición, inhabilitan el normal desarrollo de agentes patológicos existentes en varios cultivos.

b) Ventajas y desventajas de los extractos

Según Cerpa (2001), la utilización de extractos naturales tienen las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- Mayor presencia y aroma natural
- No hay presencia de solvente en el extracto
- No hay contaminantes al ambiente
- Sabor suficientemente fuerte
- No colorea al producto exento de toxinas y taninos
- Estable si esta bien almacenado

Desventajas

- Se oxidan fácilmente
- Se alteran fácilmente
- No contiene antioxidante natural
- Muy concentrado
- No se dispersa fácilmente por ser producto seco.

c) Métodos de extracción

En el Centro Nacional de Agricultura Orgánica del Perú (CNAP), se ejecuto un proyecto de investigación y capacitación en elaboración de extractos, basados en el uso de técnicas simples y fácilmente reproducibles, por los productos. Entre estos se citan los métodos de: Infusión, extracción con alcohol, extracción con melaza y fermentación en agua.

Por arrastre con vapor de agua, solventes orgánicos y extracción supercrítica de los cuales, los dos primeros son los mas usados por la sencillez del método y por tener al alcance el material a usar siendo además bastante efectivo (Devore, 1990).

Hoss (1990), menciona que los modos de acción son:

- Insecticidas (causa la muerte al ingerirlo o en contacto directo)
- Repelente (causa el alejamiento de plagas)
- Inhibidor (causa la falta de ingestión de alimento)
- Hormonal (causa cambios en la metamorfosis insectil)
- Atrayente (causa atracción al insecto)

2.3.4 **Extractos Naturales que actúan como insecticidas, funguicidas y bactericidas.**

a) Propiedades y aplicación del extracto de limón

Esta fruta de color chillón es antiséptica, **desinfectante** y proporciona vitaminas y sales minerales. Tiene un alto contenido en vitamina C, que es antioxidante vital para el aprovechamiento de la energía, aumenta la actividad de las defensas naturales, neutraliza las toxinas, incrementa la capacidad de absorción de hierro.

▪ Propiedades químicas

En el siguiente cuadro se observan las propiedades Químicas que contiene el extracto de Limón.

Cuadro N°1 Propiedades químicas del limón en 100g de sustancia comestibles

Componente químico	Cantidad (mg)
Ácido cítrico	3840
Azufre	8
Cloro	4
Ph	2.5

Fuente: Infoagro (2003)

- **Principio Activo**

Según Infoagro (2003), el principio activo del extracto de limón es la acidez, el contenido de azufre y el contenido de cloro.

b) Propiedades Químicas de la toronja

En el siguiente cuadro se observa las propiedades químicas que contiene el extracto de toronja.

Cuadro N° 2 Propiedades Químicas de la Toronja en 100 g de sustancia comestible

Componente químico	Cantidad (mg.)
Ácido cítrico	1640
Azufre	5
Cloro	3
Ph	2.7

Fuente: Infoagro 2003

- **Principio Activo**

Según Infoagro (2003), el principio activo del extracto de toronja es el ácido cítrico, azufre y cloro.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

La zona donde se realizó la investigación se encuentra en la región de Alto Beni que comprende las provincias de Caranavi y Sud Yungas, ubicada a 280 Km aproximadamente de La ciudad de La Paz. (Figura N°4), en el borde oriental de Los Andes. (CUMAT- COTESU 1985).

La región de Alto Beni geográficamente se encuentra ubicada a 15°39'27" de latitud sur y 67°09'26" longitud Oeste y una altitud de 450 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

3.1.1 Características climáticas

Campos (1990), afirma que la temperatura media anual para la localidad de Sapecho es de 24.9 °C y la precipitación anual de 1495 mm. Las temperaturas media mensual más elevadas se presentan dentro los meses de diciembre y enero; los más bajos en junio y julio.

3.1.2 Fisiografía

La región de Alto Beni se encuentra en una gran unidad Fisiográfica de Sub Andino con serranías y colinas alineadas en forma paralela intercaladas por llanuras aluviales de relativa amplitud a lo largo del río Alto Beni y que denotan un control estructural. Las pendientes oscilan desde 20%, hasta superiores al 50%, en las serranías (CUMAT,1987).

3.2 Materiales

3.2.1 Material Biológico

Bananos (Musa AAA)

Extracto de Limón (Liso)

Extracto de toronja (Blanca)

3.2.2 Material químico

Hipoclorito de sodio

Alcohol

Agua destilada

Agar Saburou

Agar Agar

3.2.3 Equipos y materiales

Autoclave

Incubadora

Pipetas de diferentes medidas

Aguja de transferencia

Microscopio

Cámara de flujo laminar

Placas petri

Porta y cubre objetos

Balanza analítica

3.3 Métodos

3.3.1 Laboratorio

Primeramente se realizó la identificación del área experimental para la toma de muestras, luego se procedió a la cosecha, posteriormente se trasladó a la ciudad de La Paz donde se hizo madurar en un tiempo de 7 días, se recolectó bananos que presentaban síntomas de pudrición de corona y fueron trasladadas al laboratorio, (las mismas que se obtuvieron al azar), las cuales fueron aisladas para evitar su contaminación y alteración en cajas petri esterilizadas, finalmente fueron analizadas en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Fármaco Bioquímicas de la Universidad Mayor de San Andrés.

3.3.1.1 Aislamiento de hongos que causan la podredumbre

- a) Lavado de tejidos afectados. Las muestras fueron lavadas bajo agua corriente para eliminar la contaminación superficial en un frasco de 200ml.
- b) Desinfección. El tejido previamente lavado se sumergió en un frasco de 200ml. con NaClO al 1% por 2 minutos, luego se realizó cortes con un bisturí flameado en alcohol al 70%.
- c) Siembra en el medio de cultivo. En las muestras infectadas se realizó 5 cortes de tejido afectado aproximadamente de una dimensión de 5 mm² de tamaño para cada placa petri y con la ayuda de una pinza se sembró los cortes, dejando sobre Agar Sabourou con medio bacteriostático para evitar la contaminación con bacteria, posteriormente se sellaron las placas con parafilm y finalmente fueron sembradas en una incubadora cuya temperatura alcanza 22°C durante 7 días para el desarrollo de los hongos, todos los pasos citados se realizaron en la cámara de flujo laminar, (French y Herbert, 1982).

3.3.1.2 Metodología para la identificación

Para identificar a los patógenos se utilizaron las publicaciones de Barnnet (1972), Calderón (1989), Finch (1987) y Agrios (1996), por el contenido de dibujos de aparatos fructíferos y esporas de hongos, mediante las cuales se realizaron las identificaciones.

a) Un examen macroscópico. Una vez desarrollado el patógeno ya purificado en medio de cultivo en caja petri, se observan ciertas características:

- Aspecto del frente hifal: velloso, algodonoso, rugoso y liso
- Formación de macroestructuras
- Color de la especie fúngica y pigmentos presentes y no presentes

b) Un examen microscópico por tinción. Esta técnica consiste en colocar un colorante que delinea la morfología y toda la estructura del patógeno siguiendo los siguientes pasos:

- Se colocó una gota de azul de metileno sobre el porta objetos.
- Se determinó con una cinta adhesiva transparente sobre la superficie de la colonia.
- Se adhirió la cinta adhesiva que contiene el micelio sobre el porta objetos con azul de metileno.
- Se observó en el microscopio, utilizando el aumento de 10X para determinar la forma y ordenamiento característico de las esporas y posteriormente 40X para una observación detallada.
- Finalmente se determinó el género en base a la observación microscópica y las características macroscópicas observadas en el medio de cultivo.

3.3.1.3 Preparación de dosis de extractos de limón, toronja.

Se prepararon 4 dosis de extractos naturales desde una dosis alta de 500 $\mu\text{L}/\text{ml}$ hasta una dosis baja de 60 $\mu\text{L}/\text{ml}$. determinando las dosis apropiadas mediante una prueba de acción antifúngica para controlar la pudrición de corona.

3.3.1.4 Prueba de actividad antifúngica.

La prueba de actividad antifúngica se realizó mediante el método de Micher citado por Maydana (2001).

a) Preparación del material

Se lavaron todos los materiales de vidrio para posteriormente esterizarlos en un autoclave.

b) Preparación de extractos

Se extraerán 200ml de jugo de limón y toronja en un matraz de 250 ml para facilitar la manipulación con micropipetas y la homogeneidad con el medio de cultivo.

c) Preparación del medio de cultivo

Se preparo medio Agar Sabourou; para 5 ml se ha disuelto con agua destilada , autoclavando a 121°C, 1.5 atm. por 15 minutos, luego se enfrió hasta 45°C posteriormente se adiciono el extracto preparado, agitando suavemente la mezcla para homogenizar, finalmente se vació en cada caja petri de 5 cm. de diámetro.

c) Preparación de taco con esporas

Se ha cortado dos tacos de la caja petri con micelio desarrollado con un sacabocados, posteriormente se dejó en cada caja petri con medio preparado con extracto.

d) Lectura de la prueba en caja petri

Para evaluar el efecto de los extractos naturales se midió el crecimiento de los micelios a las 24, 48, 72 y 94 hrs. con la ayuda de una regla milimetrada de cada tratamiento comparando con el control de crecimiento.

3.3.2 Investigación en campo

3.3.2.1 Preparación de extractos naturales para la aplicación en las muestras

De acuerdo a los resultados obtenidos con las diferentes dosis en laboratorio, se procedió a preparar 3 dosis de cada producto, bajo, medio y alto, luego se aplico en las coronas de cada mano u cluster.

Posteriormente las tres dosis de extracto natural seleccionado para la aplicación en las coronas de las manos, han sido multiplicados por 100 veces mas, siendo que los extractos naturales son insolubles, volátiles y biodegradables en contacto directo con el medio ambiente (Dr. Jiménez y Dra. Peláez, 2003).

3.3.2.2 Aplicación de los extractos naturales en las coronas

Una vez cosechada la fruta, en la forma mas eficiente se traslado al lugar de empaque, evitando causar el menor daño posible.

a) Eliminación de residuos florales

Esta operación se realizo antes del desmanado para eliminar todo vestigio de restos florales en los dedos de la fruta.

b) Desmanado

Con la ayuda de un cuchillo curvo se separaron las manos del raquiz del racimo con suficiente corona, evitando desmanar frutas defectuosas y que presenten manchas.

c) Lavado de la fruta

Las manos seleccionadas se depositaron en la piscina de lavado y con la ayuda de una esponja se realizó la limpieza de las manos.

d) Corte de la mano en gajo

Una vez lavadas las manos, con un cuchillo curvo se separaron en gajos de 4 a 8 dedos con suficiente corona, evitando las desgarraduras y quitando orillas puntiagudas.

e) Tratamiento de la fruta

La fruta lavada y separada en gajos se sacó del agua y se dejó que escurra por un tiempo de 5 minutos. Posteriormente se aplicaron los extractos con las respectivas dosis a cada una de las coronas con la ayuda de una brocha.

f) Empacado

El objetivo del empaquetado de la fruta es proteger su calidad durante el transporte, manejo y almacenamiento para que esta pueda llegar al mercado en las mejores condiciones de presentación y con pérdidas mínimas.

Para ello se utilizaron cajas de plástico; de tamaño y peso uniforme que son de fácil manejo y transporte, el empaquetado consistió en acomodar los gajos seleccionados en las cajas siguiendo un patrón de empaque. (forradas con una película de polietileno perforada), luego se transportaron a la ciudad de La Paz, donde se almacenó en una cámara de maduración cuya temperatura alcanzó 18°C y una humedad relativa de 90%, llegando a un grado de maduración 6 de la escala.

g) Evaluación de las coronas tratadas

Una vez que los bananos llegaron al grado 7 de maduración se procedió a medir las coronas con la ayuda de una cinta milimetrada desde el borde del corte de la corona hasta donde empieza el grosor del banano.

3.4 Análisis Estadístico

3.4.1 Fase de laboratorio

En la presente investigación se utilizó el diseño Completamente al Azar con arreglo factorial (Calzada, 1982) con 9 tratamientos y 3 repeticiones

- **Modelo estadístico.-**

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general del experimento

α_i = Efecto del i - esimo extracto natural

β_j = Efecto del j - esimo dosis

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción extracto dosis

ϵ_{ijk} = Error experimental

- **Formulación de tratamientos:**

Factor A: Extractos Naturales

T1 = Extracto de Limón

T2 = Extracto de Toronja

T3 = Testigo Absoluto

Factor B : Dosis de aplicación

D1 = 60 μ L

D2 = 130 μ L

D3 = 250 μ L

D4 = 500 μ L

Cuadro 3 Formulación de tratamientos para laboratorio

Tratamientos	Extractos	Dosis (500 μ L/ml.)
1	Limon 1	500
2	Limon 2	250
3	Limon 3	130
4	Limon 4	60
5	Toronja 1	500
6	Toronja 2	250
7	Toronja 3	130
8	Toronja 4	60
9	Testigo	0
10	Testigo	0
11	Testigo	0
12	Testigo	0

3.4.2 Fase de campo

En esta fase se utilizó el mismo diseño aplicado en el laboratorio con 9 tratamientos y 5 repeticiones, esto debido a que la maduración del banano se realizó en un ambiente controlado.

Formulación de tratamientos:

Factor A: Extractos Naturales

T1 = Extracto de Limón

T2 = Extracto de Toronja

T3 = Testigo Absoluto (benomyl)

Factor B: Dosis de aplicación

D1 = Dosis baja (25%)

D2 = Dosis media (50%)

D3 = Dosis alta (100%)

Cuadro 4 Formulación de tratamientos para campo

Tratamientos	Extractos	Dosis (%)
1	Limon 1	100
2	Limon 2	50
3	Limon 3	25
4	Toronja 1	100
5	Toronja 2	50
6	Toronja 3	25
7	Benomyl 1	0.6
8	Benomyl 2	0.4
9	Benomyl 3	0.2

3.5 Variables de respuesta

3.5.1 Incidencia

La incidencia se determinó según la fórmula propuesta por French y Herbert (1982), mediante cuantificación de 10 coronas o manos por unidad experimental.

$$\% I = \frac{NCE}{TCO} * 100$$

DONDE:

I = Incidencia (%)

NCE = Numero de coronas enfermas

TCO = Total de coronas observadas (sanas)

3.5.2 Severidad

De acuerdo al grado de avance que presentan las coronas afectadas por mal de corona, se utilizó escala de daño propuesta por Arévalo (2000), que ayuda a valorar objetivamente los distintos estados de la enfermedad.

Cuadro N° 5 Grado de severidad

Grado	Porcentaje (%)	Área afectada de la corona
0	0	Ausencia de podredumbre
1	25	Afección de aproximadamente 1 cm. de la superficie de la corona.
2	50	Ennegrecimiento de toda la superficie de la corona.
3	75	La podredumbre llega a los cuellos del pedúnculo
4	100	Corona totalmente negra, micelio blanco en pedúnculos y en dedos.

3.6 Análisis Económico

El análisis económico se realizó en función a la variación de los tratamientos, la producción estimada por caja, el costo de los extractos y del fungicida, el precio de caja de banano orgánica de (2.63\$) y convencional (1.5\$), para este fin se utilizó la metodología de presupuestos parciales propuesta por el CYMMYT (Gallo, 1988).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Investigación en laboratorio

4.1.1 Identificación de los hongos que causan la podredumbre de la corona del banano.

Los hongos identificados presentaron las siguientes características en la pudrición de la corona del banano durante la investigación:

Se observó ablandamiento y ennegrecimiento de los tejidos en la superficie del corte de la corona, cubierto por moho de color blanco, gris o rosado donde la podredumbre avanzó hacia el pedúnculo del dedo, cuando la infección fue severa los dedos cayeron de la corona. Tal como menciona Snowdon (1990), Como se observa en la Figura. N° 4

En el área afectada por la podredumbre se encontraron los siguientes patógenos:

Colletotrichium musarum*, *Fusarium roseum*, *Cephalosporium sp.* y *Verticillium sp. Los que concuerdan con la investigación realizada por Arévalo (2000), El cual encontró los mismos hongos causantes de esta enfermedad.

La presencia de estos patógenos en postcosecha del banano fue debido a que las temperaturas y la humedad relativa que se le da para la maduración de los bananos favorece el desarrollo de los hongos como menciona Sainz (2003).



Figura N°. 4 Mano que muestra los síntomas de la podredumbre de la corona de Banano.

a) Características del hongo *Colletotrichum musarum*

Se realizó la tinción del hongo con azul de metileno, sellado en un portaobjeto con esmalte de uñas de color transparente, observando en el microscopio compuesto con aumento de 40X. Durante la observación, el hongo *Colletotrichum* presentó las siguientes características: unas hifas zeptadas y un conjunto de conidias curvadas y ovales, características que concuerdan totalmente con la literatura mencionada por Agrios (1996). Tal como se observa en la Figura N° 5



Figura N° 5 Vista microscópica del hongo *Colletotrichum musarum* (40 x)

b) Características del hongo *Fusarium roseum*

Después de la tinción del hongo con azul de metileno, sellado en un portaobjeto con esmalte de uñas de color transparente, observando en un microscopio compuesto con aumento de 40X, el hongo *Fusarium* presento las siguientes características: hifas ramificadas y un conjunto de macroconidias en forma de hoz pluriceptadas con una célula puntiaguda y microconidias unicelulares ovales y elipsoidales con base redondeada, tal como menciona Seifert (2001). Como se observa en la Figura N° 6

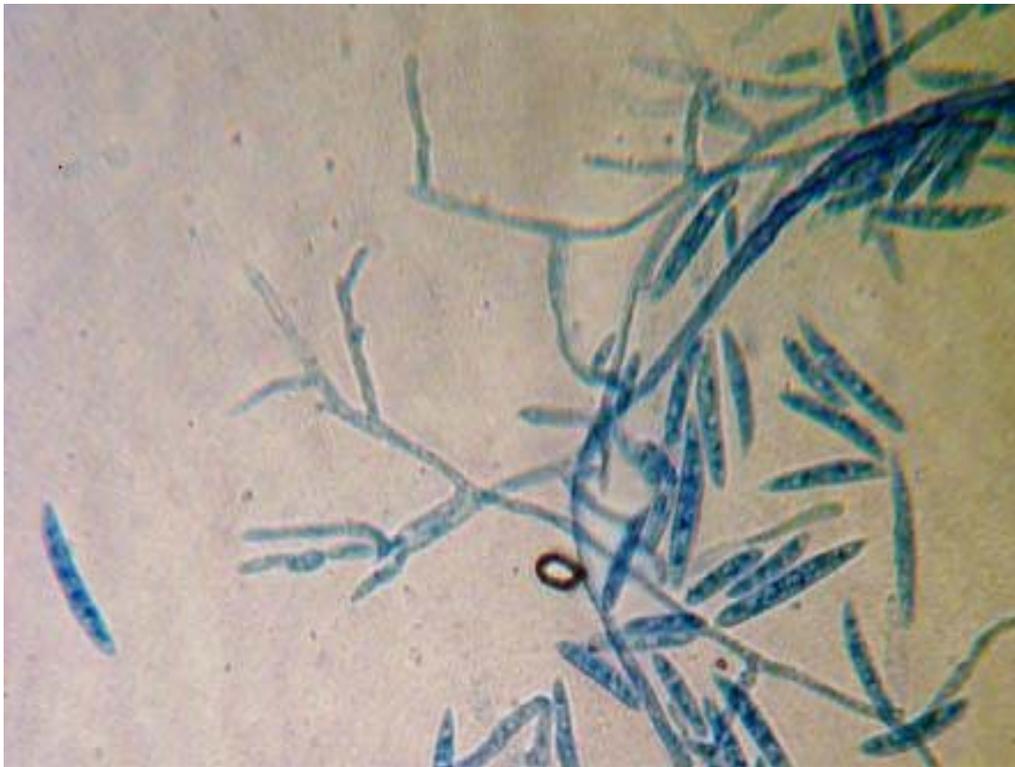


Figura N° 6 Vista microscópica del hongo *Fusarium roseum* (40 x)

c) Características del hongo *Cephalosporium spp.*

Se realizó el montaje micelio, con la ayuda de una pinza y luego se procedió a la tinción con azul de metileno, para luego sellarlo en un portaobjeto con esmalte de uñas de color transparente, el hongo *Cephalosporium* se observó en un microscopio compuesto con aumento de 40X, el cual presentó las siguientes características: un conjunto de hifas, sobre ellas microconidias agrupadas en tres, estructuras que coinciden íntegramente con la literatura mencionada por Barnett (1972). Como se observa en la Figura N° 7.



Figura N° 7 Vista microscópica del hongo *Cephalosporium spp.* (40 x)

d) Características del hongo *Verticillium spp.*

Después de observar el micelio en un microscopio compuesto con aumento de 40 X, el hongo *Verticillium* presento las siguientes características: hifas ramificadas en forma de “V” y se observa un conjunto de microconidias ovals, Estructuras que concuerdan totalmente con la literatura mencionada por Barnnet (1972).



4.1.2 Análisis Estadístico

4.1.2.1 Crecimiento micelial de los patógenos en medio de cultivo con extractos de limón y toronja

Como se observa en el cuadro N°.6, el crecimiento micelial de los patógenos: (*Colletotrichum*, *Fusarium*, *Cephalosporium* y *Verticillium*) por efecto de los extractos naturales y las dosis presentaron diferencias significativas, esto debido a que los extractos tienen diferentes cantidades de ácido cítrico, azufre y cloro lo que hace que haya alta significancia entre dosis, ya que los medios donde se desarrollaron los hongos fueron ácidos, en los cuales, no alcanzaron a desarrollarse completamente, con excepción de *Fusarium* que por efecto de los

extractos no presenta diferencia significativa esto debido a que el Ph optimo de desarrollo de *Fusarium* es de 5.5 a 7.5 (Seifert, 2001).

En la interacción extracto por dosis no existe significancia, esto probablemente sea debido a que los extractos naturales son del mismo genero y presentan componentes químicos similares que actúan en el desarrollo de los hongo

Cuadro N° 6 Análisis de varianza (ANVA) para el crecimiento micelial de los patógenos por efecto de los extractos de limón y toronja.

FV	GL	C.M. <i>Colletotrichum</i>	C.M. <i>Fusarium</i>	C.M. <i>Cephalosporium</i>	C.M. <i>Verticillium</i>
Extractos	1	11.48 **	1.08 NS	6.00 *	21.09 **
Dosis	3	32.72 **	1.92 **	13.99 **	11.35 **
Extracto* Dosis	3	1.05 NS	0.33 NS	0.55 NS	0.08 NS
Error	14	0.14	0.27	0.45	0.19
C.V		2.82%	4.13%	5.75%	3.73%

Los coeficientes de variabilidad como se observa en el cuadro están dentro de los limites permitidos demostrando así que los resultados son confiables.

Según el análisis de comparación de promedios se determino que bajo los tratamientos con extractos de limon presentaron menor crecimiento micelial en los hongos de *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Cephalosporiom* y *verticillium*, lo que se debe a su composición química.

Cuadro N° 7 Análisis de comparación de promedios para los Extractos

Extractos	Promedios Colletotrichum	Promedios Fusarium	Promedios Cephalosporium	Promedios Verticillium
Toronja	14.04 A	12.90 A	12.27 A	12.64 A
Limón	12.65 B	12.48 A	11.26 B	10.77 B
Tukey	0.46	0.33	0.59	0.38

Para el análisis de comparación de medias para dosis también se encontró diferencias significativas puesto que a medida que van disminuyendo las dosis el crecimiento micelial de los hongos es mayor, siendo así que las dosis mayores tuvieron mayor efecto en el control del crecimiento de los hongos que causan la podredumbre de la corona del banano.

Cuadro N° 8 Análisis de comparación de promedios para Dosis de aplicación en el medio de cultivo

Dosis (uL/ml)	Promedios Colletotrichum	Promedios Fusarium	Promedios Cephalosporium	Promedios Verticillium
60	15.75 A	14.51 A	13.41 A	13.40 A
130	14.46 B	13.56 B	12.21 B	12.13 B
250	12.85 C	12.33 C	11.68 C	11.07 C
500	10.33 D	10.36 D	9.75 D	10.21 D
Tukey	0.88	0.63	1.14	0.73

4.1.2.2 Actividad antifúngica por efecto de los extractos naturales de limón y toronja sobre los hongos que producen la podredumbre de la corona

a) Actividad antifúngica de los dos extractos sobre el hongo *Colletotrichum musarum*

Los extractos de limón y toronja han sido sometidos a una prueba de acción antifúngica frente al hongo *Colletotrichum musarum*, para determinar una dosis apropiada. Tal cual muestran los resultados en la Figura N°.9

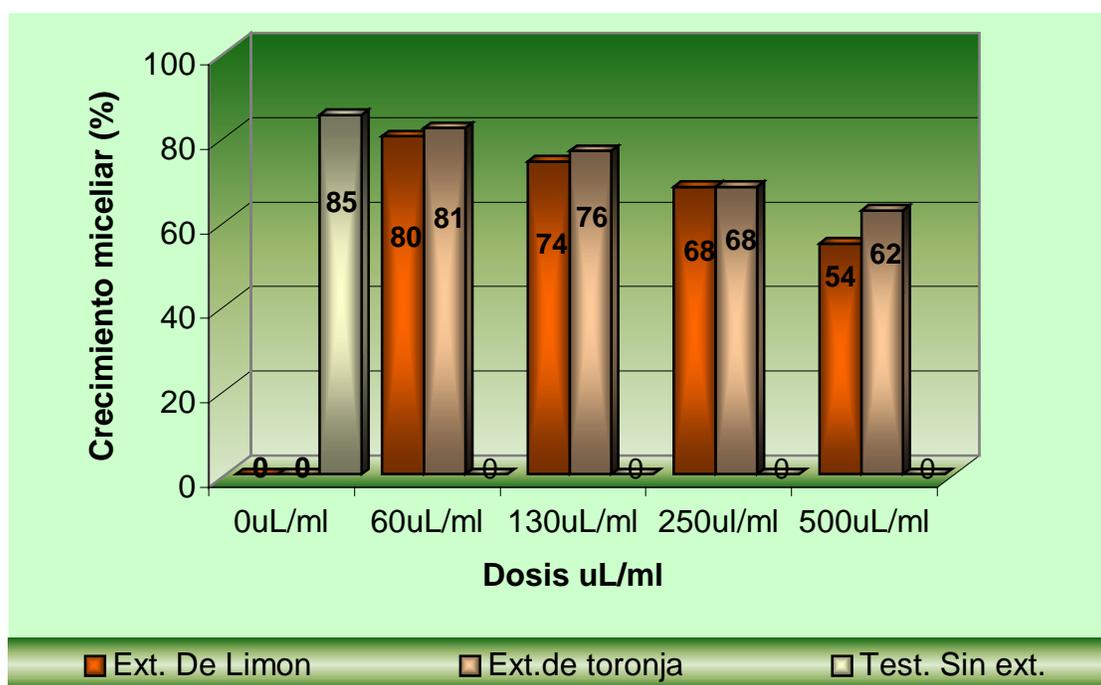


Figura N° 9 Actividad antifúngica (%) de los extractos de limón y toronja en el crecimiento micelial del hongo *Colletotrichum musarum*

Como se observa en la figura 8, las dosis de extractos de limón y de toronja, dosis de 500, 250, 130 y 60 μ L/ml. son las que han mostrado un crecimiento micelial del hongo *Colletotrichum*, de 54.62, 68, 74.08 y 80.90% en comparación del testigo sin extracto con un porcentaje de crecimiento del 85%, con respecto a las dosis, el extracto de limón con su mayor concentración presento menor crecimiento seguido de las demás dosis que va en forma

ascendente, a mayor dosis menor crecimiento miceliar. Lo mismo sucede con el extracto de toronja, alcanzando con su mayor dosis (500 μ L/ml) un porcentaje de crecimiento miceliar de 62.40% en comparación del testigo que alcanzó un crecimiento miceliar de 85% y a medida que va disminuyendo las dosis el crecimiento miceliar de los hongos aumenta. Por lo tanto en medio del extracto de limón presento un 30.38% de inhibición y 22.6 % en el medio de cultivo con extracto de toronja.

Aspecto que se relaciona con el medio ácido al que fueron sometidos para su crecimiento o desarrollo, ya que este hongo se desarrolla preferentemente en un medio neutro, como menciona Menezes (2004), además de otros compuestos como azufre y cloro que tienen acción antifúngica que se tuvo en el medio.

b) Actividad antifúngica de los extractos sobre el hongo *Fusarium roseum*

Los extractos de limón y toronja han sido sometidos a una prueba de acción antifúngica frente al hongo *Fusarium roseum*, para determinar una dosis apropiada. Los resultados se observan en la Figura N°. 10

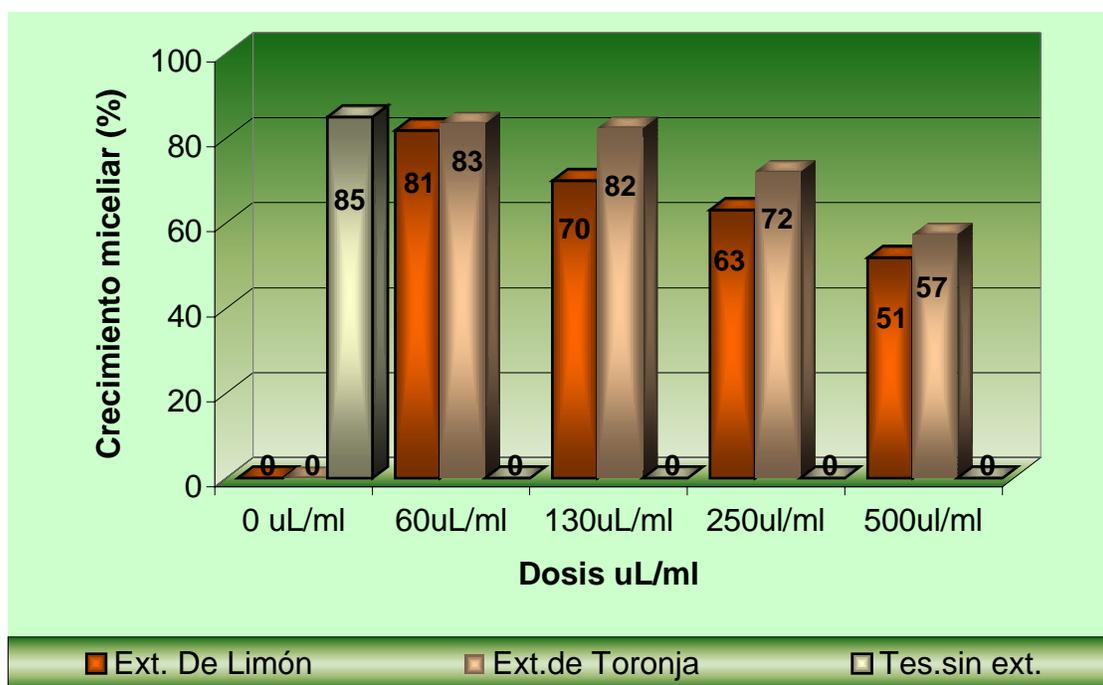


Figura N° 10 Actividad antifúngica (%) de los extractos de limón y toronja en el crecimiento miceliar del hongo *Fusarium roseum*.

Se observa en la figura 10, que los extractos de limón y de toronja con las dosis de 500, 250, 130 y 60 $\mu\text{L/ml}$. fueron las que han mostrado un crecimiento micelial de 51.9% del hongo *Fusarium* en su dosis mayor de 500 $\mu\text{L/ml}$. en el extracto de limón, y un 57.36 % en la dosis (500 $\mu\text{L/ml}$.) del extracto de toronja. Inhibiendo el crecimiento del hongo con su mayor dosis de 48.1 % en el caso del extracto del limón, y un 42 % en el caso del extracto de toronja, mostrando menor porcentaje de inhibición en sus concentraciones mas bajas.

Se debe a que el medio donde se desarrollaron los hongos fueron medios ácidos ya que el extracto de limón tiene un Ph de 2.5 y el extracto de toronja tiene Ph de 2.7, esto como ingrediente activo de los extractos, además de la acidez estos extractos en su composición química contiene azufre y cloro Infoagro (2003), que también actúan sobre el hongo *Fusarium roseum*. El cual tiene un PH optimo de 5.5

c) Actividad antifúngica de los extractos sobre el hongo *Cephalosporium*

Los extractos de limón y toronja han sido sometidos a una prueba de acción antifúngica frente al hongo *Cephalosporium*, para determinar una dosis apropiada. Como se muestran en los resultados de la Figura 11

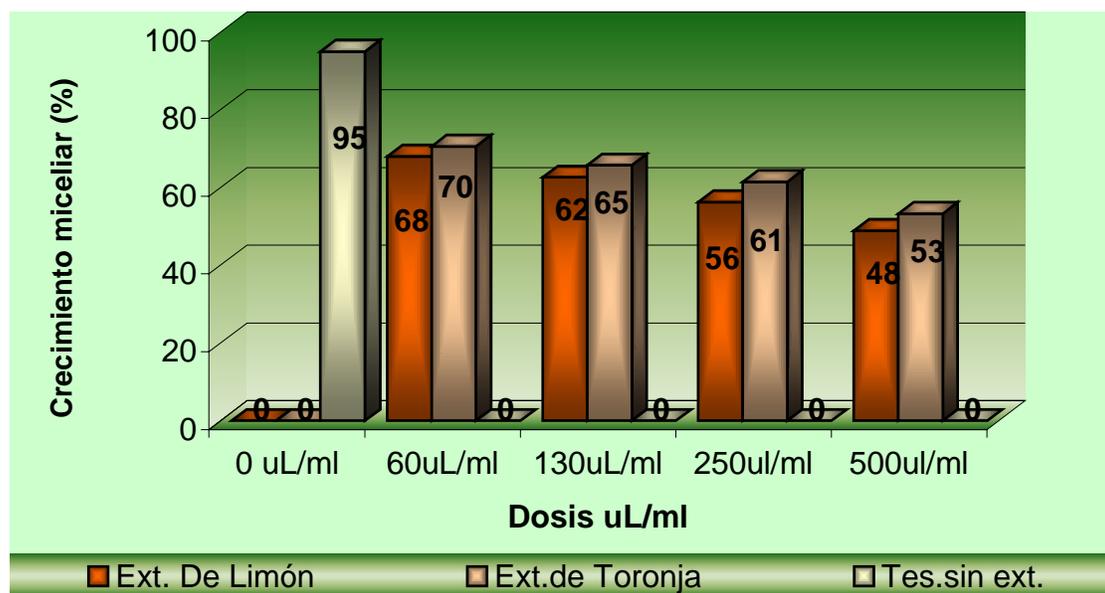


Figura N° 11 Actividad antifúngica(%) de los extractos de limón y toronja sobre el crecimiento micelial del hongo *Cephalosporium* spp.

De acuerdo a la figura 10, se puede observar que la dosis 500 μ L/ml. de limón y toronja alcanzaron un crecimiento del hongo *Cephalosporium*, en 48.94% y 53.3%, respectivamente, presentando una inhibición del crecimiento de 47.6% y 42.7%.

La dosis de 500 μ L/ml de ambos extractos muestran que esta concentración es adecuada para controlar en un 50%, no existiendo diferencias entre los dos extractos, probablemente esto se deba a la acción ácida del medio producido por los extractos.

d) **Actividad antifúngica de los extractos sobre el hongo *Verticilium spp.***

Los extractos de limón y toronja han sido sometidos a una prueba de acción antifúngica frente al hongo *Verticilium*, para determinar una dosis apropiada. Tal cual se muestran los resultados de la Figura N°. 12

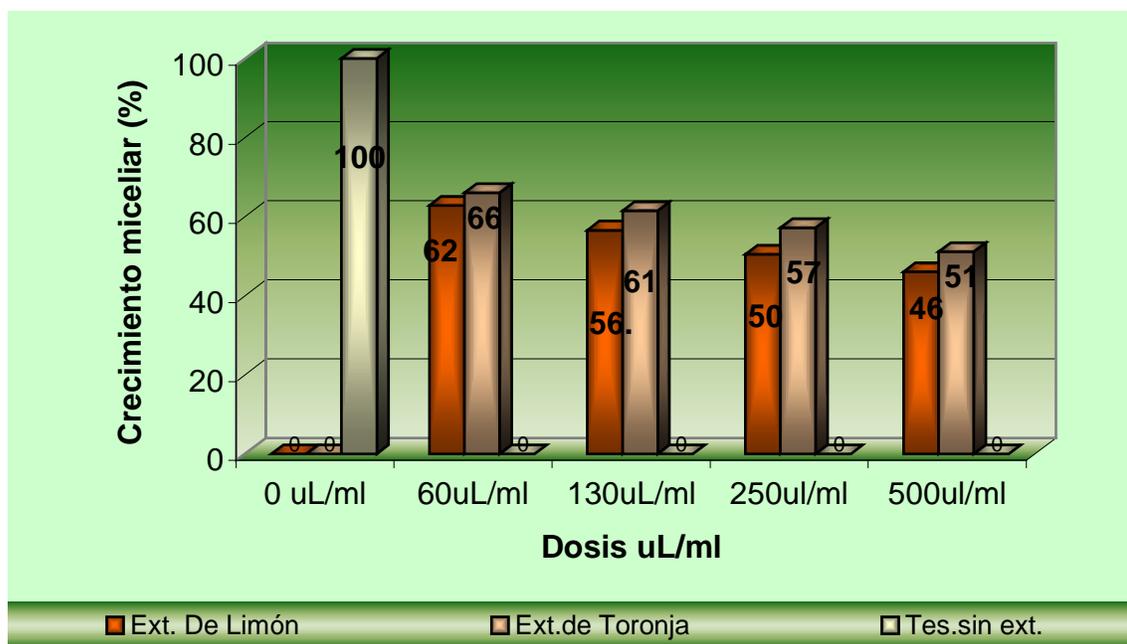


Figura N° 12 Actividad antifúngica (%) de los extractos de limón y toronja sobre el crecimiento miceliar del hongo *Verticilium spp.*

En la Figura 12, se observa que el hongo *Verticilium* en el medio con extracto de limón en su dosis mas alta alcanza un crecimiento micelial de 46% seguido por extracto de toronja en un 51.15 %. Y así en su dosis mas baja de 60 μ L/ml alcanza un crecimiento del 62.8 %, en medio con extracto de limón y un 66% con extracto de toronja. Por tanto el porcentaje de inhibición con extracto de limón es de 54.0% y 48.85% con toronja en su máxima dosis, es así que en la dosis 60 μ L/ml. en los extractos en estudio llega a inhibir al hongo en un 37% y 44%, lo que no tiene mucho efecto en el control del hongo.

4.2 Investigación en Campo

4.2.1 Evaluación de la Incidencia de la podredumbre de la corona del banano

Para la evaluación de la incidencia se considero dos tratamientos y un testigo distribuidos en cada tratamiento, con un muestreo de 10 coronas por tratamiento, de tal manera que el calculo de la incidencia se realizo mediante cuantificación de muestras por el método de French y Herbert (1982),

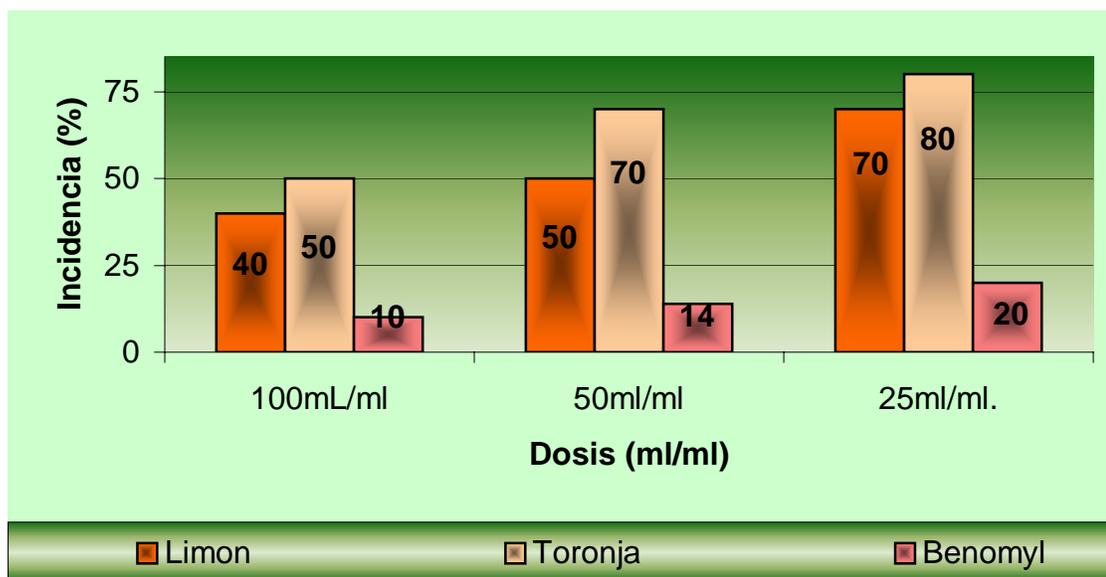


Figura N° 13 Incidencia (%) de la podredumbre de la corona del banano en función a la concentración de los extractos y el benomyl.

Como se muestra en la figura 13, claramente el comportamiento de los dos tratamientos fue diferente, incluyendo el testigo.

Analizando la figura 13, se deduce que desde el grado 7 (ver anexos) o después de 7 días de maduración se registro una incidencia gradual en todos los tratamientos de acuerdo al tipo de extracto y dosis.

En las evaluaciones, los extractos naturales muestran una acción de control significativa, esto probablemente se debió a las condiciones favorables del medio, que se da para la maduración de los bananos, la cual permite el desarrollo de los patógenos tal como menciona Agrios(1996), señalando que los factores del medio afectan el inicio y desarrollo de las enfermedades los cuales son : la temperatura , humedad relativa y la luz. Además, González (1987), afirma que los patógeno se desarrollan mejor en condiciones de alta humedad relativa.

El tratamiento que reporto mayor incidencia fue el extracto de toronja con 80% para la dosis de 25%, y 70% de incidencia en su dosis de 50%.

Los tratamientos que reportaron menores incidencias fueron: el extracto de limón en la concentración mayor (100%) que llego a un 40 % de incidencia esta ultima reporto el mayor efecto en el control de la enfermedad, seguido del extracto de toronja que con su dosis de 100%, llego a un 50% de incidencia, esto por el contenido de ácido cítrico que inhiben el crecimiento de los hongos, como se observo en las pruebas de laboratorio.

Los extractos de toronja y limón en su dosis media (50%) actuaron como fungicidas reduciendo la incidencia de la podredumbre de la corona del banano, aspecto que es corroborado por Arévalo (2000), quien menciona que por el ácido cítrico que contienen los extractos naturales de limón y toronja son considerados como fungicidas naturales.

4.2.2 Evaluación de la Severidad de la podredumbre de la corona del banano

Los datos de severidad de la podredumbre de la corona del banano son presentados en la Figura 14, estos resultados permitieron observar que la enfermedad después de 7 días de maduración se presentó en general como moderada, con un índice de intensidad relativamente bajo.

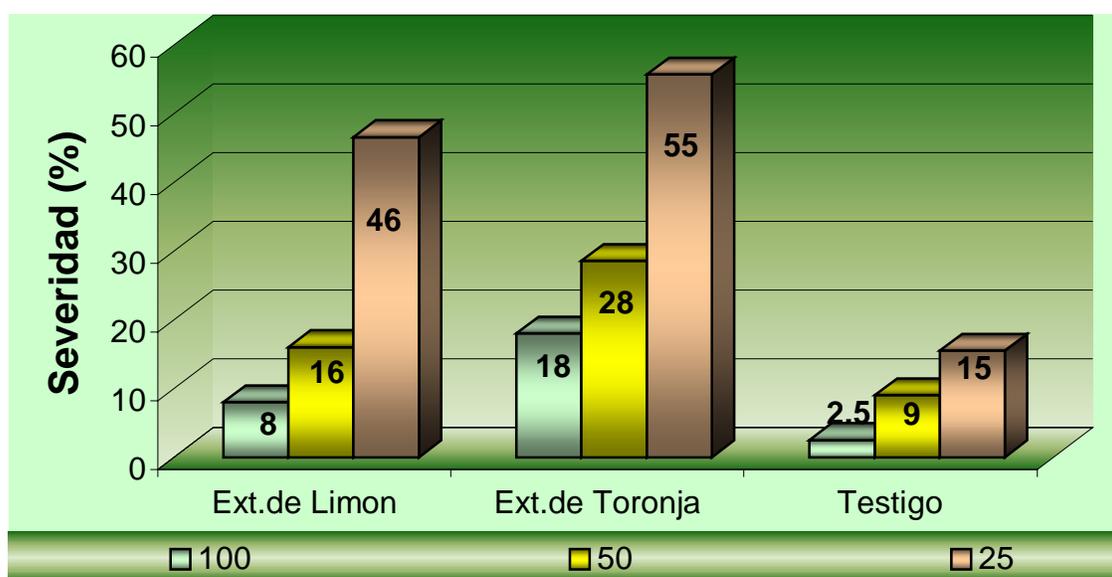


Figura N°.14 Grado de ataque de los hongos en función de los tratamientos

En la figura anterior podemos observar que en las concentraciones altas (100%) en el caso del extracto de limón y toronja llegaron a un 8% y 18% respectivamente de avance de la enfermedad en comparación al testigo (Benomyl) que alcanzó un porcentaje de severidad del 2.5%, vale decir que el grado de avance de la enfermedad en ningún momento supera el grado 1, aspecto que se atribuye a la composición química, que tiene el extracto de limón y toronja como ingrediente activo, siendo estos el ácido cítrico y el contenido de azufre principalmente. Teniendo al azufre como un elemento muy utilizado en la

composición de los funguicidas, con buenos resultados en el control de enfermedades fungosas.

El ácido cítrico que contienen los extractos es considerado como un fungistático con capacidad media para controlar hongos que pudren la corona, a través de su acción represora por medio del PH permite inhibir el desarrollo de algunos patógenos tal cual menciona Arévalo (2000), lo cual quiere decir que la fruta tratada con extracto de limón y toronja, al 100% de concentración, sería aceptada ya que, por debajo del nivel de 5% es considerado como límite por Snowdon (1994), como necesario para causar impacto económico, por lo tanto, el extracto de limón y toronja se constituye entonces en una buena alternativa para remplazar el benomyl.

Estos resultados se relacionan con la experiencia de Arévalo (2000), quien obtuvo un mejor control de pudrición de corona de banano con la aplicación de ácido cítrico.

Posteriormente en las concentraciones del 50%, la enfermedad alcanzo 16% y 28.5% de severidad para el limón y toronja respectivamente y el testigo un 8.5 %, en el caso del extracto de limón el grado de avance de la enfermedad no supera el grado 1, lo cual quiere decir que la fruta tratada con el 50% de extracto de limón sería aceptable, lo contrario ocurre con el extracto de toronja, superando el grado de avance de la enfermedad a un grado 2 de la escala de daño de pudrición de corona.

En las concentraciones bajas de 25%, llegaron a una severidad de 51.06 % en el caso del extracto de toronja y 46.5 % en el caso del extracto de Limón, frente a un porcentaje de severidad del testigo que alcanzo un 15%. Estos resultados nos muestran que los extractos de limón y toronja en sus concentraciones mas bajas llegan a un grado 3 lo que significa que el porcentaje de severidad alcanzó un 51.06% del total de la corona, lo que se atribuye a que el valor del Ph va

disminuyendo de acuerdo a las concentraciones, lo que baja el porcentaje de inhibición.

El análisis de varianza del Cuadro (8), muestra una alta significancia para los extractos y dosis. La diferencia entre tratamientos probablemente pueda atribuirse principalmente a las características de los extractos ya que estos tienen sustancias activas similares pero en diferentes concentraciones en su composición química como el contenido de ácido cítrico que es de 3840 mg/100g. en el extracto de limón, y 1640 mg/100g en el extracto de toronja. Como también el contenido de azufre que varía de 8 mg. en el extracto de limón y 5mg. en el extracto de toronja Infoagro (2003).

Donde se confirman los resultados obtenidos en el laboratorio que por efecto de los extractos naturales el crecimiento micelial de los hongos es reprimido considerablemente.

Cuadro N° 8 Análisis de varianza (ANVA) de severidad de la podredumbre de la corona del banano tratado con extractos de limón y toronja.

FV.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Extractos	2	1.98	0.99	19.16	0.0001 **
Dosis	2	1.23	0.61	11.98	0.0001**
Interacción	4	0.36	0.09	1.74	0.1647NS.
Error	32	1.65	0.05		
Total	44	5.3725			
CV = 20.92					

Según la comparación de medias se puede observar que el testigo se presenta como el mejor controlador de los hongos que causan la podredumbre de la corona del banano, esto por que el Benomyl es un fungicida sistémico que tiene una acción fulminante contra los hongos, y no ocurre lo mismo con los extractos naturales que en su composición química contiene bajo porcentaje de

ácido cítrico, azufre y cloro que actúan como inhibidores de los hongos como se observo en los análisis laboratorio, (Cuadro 9).

Cuadro N° 9 Análisis de comparación de promedios de severidad para extractos

Extractos	Promedios
Limón	1.10 A
Toronja	1.33 B
Benomyl	0.81 C
Tukey	0.20%

En el análisis de comparación de medias para dosis se observa que a medida que van disminuyendo las dosis de los extractos aumenta el avance de la enfermedad lo que indica que a mayor concentración de la acidez mayor control. (cuadro 10).

Cuadro N° 10 Análisis de comparación de promedios de severidad para las Dosis aplicadas

Dosis(%)	Promedios
25	1.30 A
50	1.07 B
100	0.89 C
Tukey	0.20%

4.2.2 Análisis de regresión y correlación de la severidad frente a los componentes químicos de los extractos.

En el análisis de regresión del cuadro 11 se puede observar que los componentes químicos del extracto de limón y toronja, como ser: el PH, Ácido Cítrico y Azufre no actuaron de forma significativa de forma individual en el control de la severidad en la podredumbre de la corona, pero si de forma conjunta, por lo tanto, estos

componentes interactúan en el control de la podredumbre llegando a explicar el 30% de la variación de la severidad.

Cuadro N° 11. Análisis de regresión

Modelo Lineal	r^2
Severidad = $97,54 - 12,57PH + 42,45 \text{ Ac. Cítrico} - 27622,44\text{Azufre}$	0.304 *
Severidad = $- 1,38 + 3,61 PH$	0.038 NS
Severidad = $14,61 - 1,35 \text{ Ac. Cítrico}$	0.006 NS
Severidad = $19,00 - 1726,79 \text{ Azufre}$	0.039 NS

A medida que se disminuye la concentración de ácido cítrico, se incrementa la severidad, es decir, a mayor acidez menor severidad. Esto estaría relacionado con el crecimiento micelial de los patógenos encontrándose reportes que señalan que pueden resistir desviaciones desde 3 hasta 12 de pH, aunque los niveles óptimos se encuentran entre 5 a 7, Larez (2004).

4.3 Análisis Económico

En el cuadro N° 12, presentamos los análisis de costos parciales y beneficios a través de los cuales se calcularon la tasa de retorno marginal.

Cuadro N° 12. Presupuesto parcial del ensayo de control de la podredumbre de la corona del banano.

	Tratamientos								
	Limón			Toronja			Benomyl		
	100%	50%	25%	100%	50%	25%	0.6%	0.4%	0.2%
Rendimiento medio en cajas /Ha.	846	846	846	846.6	846	846.	846.6	846	846
(Rendimiento – el %de Incidencia)	506	423	253	423	254	169	762	727	677
Beneficios brutos de campo (\$/ha)	1331	1112	665	1112	668	444	1067	1078	948
Costos que Varían									
Costos de los extractos	57	29	16	44	22	11	0	0	0
Costo del Fungicida	0	0	0	0	0	0	2.5	1.6	0.6
Total de Costos que Varían	57	29	16	44	22	11	2.5	1.6	0.6
Beneficios Netos \$/ha	1272	1083	645	6068	646	533	1065	1076	947

El Análisis Marginal se realizó solo para la dosis mayor (100%) de los extractos, debido a que con estos se obtuvieron los mejores resultados en el control de la podredumbre de la corona del banano

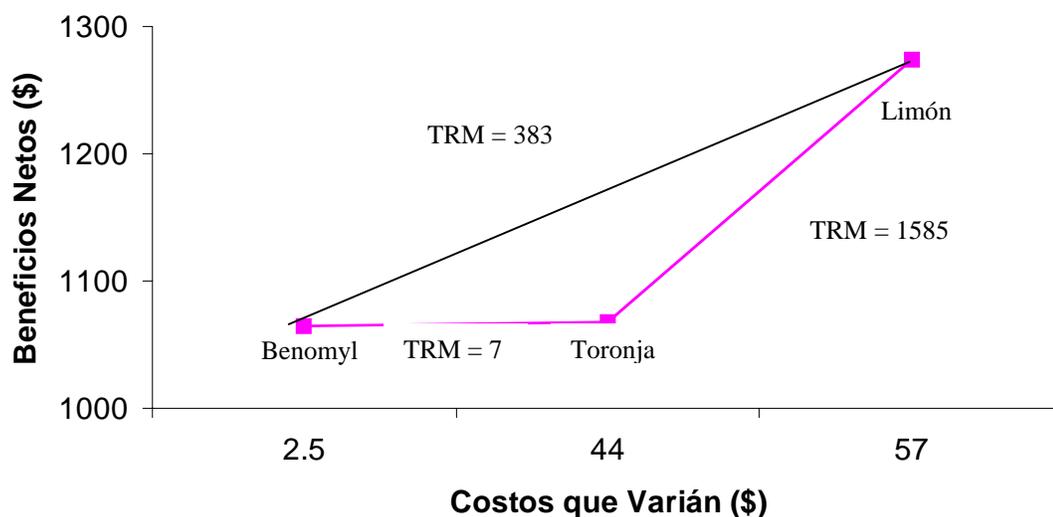


Figura N°.15 Curva de Beneficios Netos y Costos que Varían para los extractos y el testigo.

De acuerdo a la figura 14 por cada \$ 1 invertido en adquirir y aplicar extracto de limón el agricultor puede recobrar el \$1 y obtener \$ 15.8 adicionales, en relación a los beneficios obtenidos con el extracto de toronja y 3.83 en comparación al Benomyl.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la investigación permiten concluir lo siguiente:

1. Los agentes causales de la podredumbre de la corona del banano fueron los hongos : ***Fusarium roseum***, ***Colletotrichum musarum***, ***Cephalosporium spp.*** y ***Verticillium spp.***

2. A nivel de Laboratorio las dosis de 500 y 250 $\mu\text{L/ml}$. mostraron el mejor efecto frente al hongo: *Colletotrichum musarum* con un crecimiento micelial de 54.67% y 68% respectivamente en el caso del limón, y en medio del extracto de toronja reportaron un crecimiento micelial de 62.4% y 68%.

3. El hongo *Fusarium roseum* con un crecimiento micelial de 51.9% y 63.15% frente al extracto de limón, al igual que la toronja con 57,36 y 72.1% respectivamente, en comparación al testigo que alcanzo un crecimiento del 85%.

4. El hongo *Cephalosporium spp.* con 43.94% y 56.3% de crecimiento micelial en medio del extracto de limón y frente al extracto de toronja alcanzo un crecimiento de 53.33 y 61.5% en comparación al testigo que alcanzo 95% y por ultimo el hongo *Verticillium spp.* alcanzó un crecimiento micelial de 46% y 50%.

5. En condiciones de campo (entre los extractos) el mejor controlador de la podredumbre de la corona del banano fue el de limón que en su mayor dosis (100%) presento una incidencia del 40% seguido por el de toronja que alcanzo una incidencia 50%.

6. En cuanto a la severidad por efecto del extracto de limón y toronja se pudo ver que en su mayor dosis (100%) alcanzo a 8% y 18% respectivamente de nivel de daño, y con la dosis media (50%) llevo a 16% y 28.5 por el efecto del ácido cítrico y azufre que contienen los extractos.

7. Los mayores beneficios Netos se obtuvieron bajo el tratamiento con la aplicación del extracto de Limón al 100%, y el menor beneficio neto con el benomyl

VI. RECOMENDACIONES

La aplicación de productos naturales como el extracto de limón, y toronja en sus concentraciones de 100% y 50%, para el control de los hongos que causa la podredumbre de la corona del banano.

Se recomienda usar concentraciones mayores de 500uL/ml en la fase de laboratorio para obtener mejores resultados.

En futuras investigaciones deberán probarse alternativas de dosis entre 100% a 50%, y otros extractos que tengan acción antifúngica.

Se deben realizar estudios por estaciones para ver en que época hay mayor incidencia de la podredumbre de la corona del banano.

VII. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

- Agrios, G. 1996. Fitopatología 2da. Ed. México D.F. LIMUSA. 530p.
- A.O.P.E.B, 1998. Agricultura ecológica. Cartilla No 5,14. Editado por A.O.P.B. La Paz, Bolivia. 14-19p.
- Arévalo, J. 2000. Evaluación de productos alternativos al benomyl para el control de pudrición de corona en banano . Proyecto IBTA / Chapare. Pp. 57-61
- Augura, 1986. Manual de Labores en la plantación Bananera . ASBANA. 41 p.
- Barnnet, H. Y Barry, B. 1972. Illustrated General of Imperfect Fungi. Bugess. Publishing Company 124 p.
- Brands, U. 1979. Manual de Practicas Culturales. División of Tropical Research la lima, Hon. P irr. 95p.
- Bauer, M. 1987. Fitopatología, Eliminación del Hospedante. 1ra. Ed. México, LIMUSA. 314p.
- Calzada, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación, Educación Jurídica. S.A: , Perú, 3ra Edición. Lima, Perú 283p.
- Champeon, J. 1968. El Plátano. Trad. Por Fermin Polomaque. Barcelona, Esp. Ed. BLUME. 247 p.
- Gallo, 1988, Formulación y recomendación a partir de datos agronómicos. Manual Metodológico de Evaluación Económica D.F. CIMMYT México 80p.
- CUMAT-COTSU. 1985. Capacidad de Uso mayor de Tierra, proyecto Alto Beni informe técnico. La Paz – Bolivia 146p.
- French, E:R; Herbert, T. 1980. Métodos de investigación fitopatológica. San José –Costa Rica 200p.
- Finch, M.A. 1987. Los hongos comunes que atacan cultivos en América Latina. Trillas México 76p.
- Frison, E; Sharrok, S. 2000. Biodiversidad y producción sostenible del banano Red Internacional para la Mejora del Banano y del Plátano (en línea). Cuba Consultado 13 de mayo 2004 Disponible en <http://www.BanaFair.De/publ/report/spa/s.htm>.

- González, M. 1987. Enfermedades del cultivo del banano. San José, Oficina de Publicaciones de la universidad de Costa Rica. P 9-89
- González, L. 1989. Introducción a la Fitopatología. IICA. San José- Costa Rica. p 148
- Gomero, O.L. 1994. Plantas para proteger cultivos, Tecnología para controlar plagas y enfermedades. Red de Acción en Alternativos al Uso de Agroquímicos (RAAA). Lima, Perú 62p.
- Hoss, R. 1992. Guía Metodologica: Uso de Extractos Vegetales en la regulación de plagas y enfermedades Red de Acción de Alternativos al uso de Agroquímicos, (RAAA) Lima Perú 75p.
- Infoagro, S. 2003. Propiedades Químicas de los Cítricos (en línea). Disponible en <http://www.infoagro.com/citricos/Pomelo/Limon.htm>.
- Leon, J. 1989. Botánica de los cultivos Tropicales San José, C.R.: IICA, 1987, C 1968. XX, 445 p.
- MACA (Manual para el uso de plaguicidas. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios). 1993 División de sanidad Vegetal. La Paz Bolivia.
- Maidana, R. 2002. Efecto de extractos naturales en el control de mancha chocolate en el cultivo de haba. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia,UMSA. 85p.
- Menezes, M. 2004. Características fisiomorfologicas de aislados de *Colletotrichum musae* Fitopatologia Brasileña 412 p. (en línea). Consultado 25 de mayo 2005 Disponible en <http://www.postharvest.ucdavis.edu/produceFacts/español/platano.pdf>.
- Mercado, 1997. Identificación de especies Vegetales con actividad antifungica. Tesis Lic. En ciencias Bioquímicas y farmacéuticas UMSA. La Paz Bolivia 96p..
- Morales, 2001. Extractos Naturales Mexicanos S.A. Córdoba – Veracruz México. Tesis Lic. En ciencias Bioquímicas y farmacéuticas UMSA. La Paz-Bolivia 120p.
- Morin, L. 1983. Cultivo de Cítricos. 2ª Ed. San Jose – C:R: IICA-CIDIN 67p.
- Ortiz, V. 2001. El cultivo del banano. 1ra. Ed. San José – Costa Rica. EUNED. 187p.
- Pelaez, D. 2002. Manual de Técnicas para Aislamiento de Hongos Fitopatógenos I:I:F:B: UMSA 22p.

- Perea, M. 2003, Biotecnología, Bananos y Plátanos: Requerimiento nutricional editora Guadalupe Ltda. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, universidad Nacional de Colombia. Bogota 228 p.
- Roca, W; Mroginski, L. 1991. Cultivo de tejidos en la Agricultura. Fundamentos y aplicaciones. Cali. Colombia 970p.
- Rodríguez, M. 1999. Guía Practica para el cultivo de Banano. Documento preparado en el marco del programa de Desarrollo Alternativo USAID – Bolivia, 60 p.
- Sáenz, M.V. 1999. Evaluación sobre aspectos de calidad y manejo de poscosecha de Banano, piña, maracayá y palmito. Cochabamba, D.A.I. 65p.
- Saenz, J.R. 2003. Manejo Post cosecha de Banano y Plátano. Guayaquil – Ecuador 147p.
- Seifert, L. 2001. Los hongos de los alimentos y forrajes (en línea) Consultado 25 de mayo 2005. Disponible en <http://www.fusarium.ucdavis.edu/produceFacts/español/platano.pdf>.
- Simmonds, N. 1986. Técnicas agrícolas y Producciones Tropicales. Blume, milenizado 21-23 Barcelona 17, 265p.
- Soto, G. 1992. Banano cultivo y comercialización. Editorial LIL. S.A. 627p.
- Soto, G. 1998. Normativa nacional e internacional para la producción orgánica del banano y, o ambientalmente amigable de banano. En memoria del Taller Internacional sobre Producción de Banano Orgánico. Costa Rica. INIBAP, 39p.
- Snowdon, A. 1990. A color atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables Vol. 1 London, UK, 302p.
- Stover, R. H. SIMMONDS. 1987. Bananas. 3ra. ed. Longman Scientific Tecnical, Eng. 467 p.
- Umaña, R. 2002. Manual para el manejo en campo, cosecha y poscosecha de Banano Orgánico para pequeños agricultores. 1ra Ed. San José – Costa Rica 67p.
- USDA (Unatid States Departament of Agriculture,U.S.). 2004. Natural resourus Conservation Service (en línea). U.S.consultado 20 de Julio. 2004.Disponible en <http://plantas.usda.gov/cgi-bin/plantprofile.cgi?cg.Symbol=MUAC>