



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE QUIMICO FARMACOBIOLOGO

T E S I S

**“AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DEL HONGO
COLLTOTRICUM GLOEOSPOROIDES EN EL CULTIVAR
DE GUAYABA (PSIDIUM GUAJAVA)”.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUIMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA

P. QFB. TSANDA SANCHEZ RICO
ASESOR DE TESIS:

DRA. CONSUELO DE JESUS CORTES PENAGOS

MORELIA, MICHOACÁN, DICIEMBRE 2007



ÍNDICE

	Página
CONTENIDO	
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS	6
I. RESUMEN.	7
II. INTRODUCCIÓN	7
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
1. CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE GUAYABA	8
1.1 PERSPECTIVA GENERAL EN LA PRODUCCIÓN DE GUAYABA	9
1.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA	10
1.4 GENERALIDADES DEL CULTIVO.	11
1.5 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	14
1.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA	15
1.6.1 Raíz	15
1.6.2 Árbol	16
1.6.3 Flores	16
1.6.4 Hojas	17
1.6.5 Fruto	18
1.6.6 Semillas.	18
1.7 REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	19
1.7.1 Suelo	19
7.2 Precipitación Pluvial	19
1.8 IMPORTANCIA NUTRICIONAL Y MEDICINAL.	20
2. FISIOLÓGÍA DEL DESARROLLO	20
2.1 CAMBIOS METABÓLICOS	20
2.2 CAMBIOS HORMONALES	21
3. COSECHA Y POST COSECHA	24
MANEJO POSCOSECHA.	24
TRATAMIENTOS POSCOSECHA	24
CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DEL FRUTO.	25
REQUERIMIENTOS DE CALIDAD.	25
4. MANEJO DEL CULTIVO	26
4.1 FERTILIZACIÓN DEL SUELO.	26
4.2 RIEGO	26
4.3 PODA	26

5. PATOLOGÍAS PROPIAS DEL CULTIVO DE GUAYABA	27
5.1. PLAGAS	27
5.1.1 Nemátodos	27
5.1.2 Insectos	27
5.2. PATOLOGÍAS FÚNGICAS EN EL CULTIVO DE GUAYABA.	28
6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS HONGOS.	28
6.1. ESTRUCTURA DE LOS HONGOS.	28
6.1.1 Estructuras vegetativas especializadas.	28
6.2. REPRODUCCIÓN.	29
6.2.1 Reproducción Sexual	29
6.2.2 Reproducción Asexual.	29
6.3 DIMORFISMO.	30
6.4 METABOLISMO Y NUTRICIÓN DE LOS HONGOS.	32
7. <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> CAUSANTE DE ANTRACNOSIS.	35
7.1 CLASIFICACIÓN TAXONOMICA.	35
7.2 CICLO DE VIDA	36
7.3 FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE <i>C. gloeosporioides</i> .	36
7.4 FACTORES DE VIRULENCIA.	37
7.5 VARIABILIDAD GENÉTICA.	38
7.6 SINERGÍSMO Y ANTAGONÍSMO.	38
7.7 MECANISMOS DE CONTROL DEL ANTRACNOSIS	40
III. OBJETIVO GENERAL	41
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
V. MATERIAL Y MÉTODOS	42
1. AISLAMIENTO DEL <i>C. gloeosporioides</i> DEL FOLLAJE DE GUAYABO.	44
1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES	45
2. AISLAMIENTO DEL <i>C. gloeosporioides</i> DEL FRUTO DE GUAYABO.	48
2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES	49
3. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD CELULOLÍTICA	50
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
VIII. BIBLIOGRAFÍA	59

LISTA DE TABLAS

Pag.

Tab. 1. Información nutricional del fruto de guayaba. (Mata et al 2000)

Tab. 2. Clasificación del fruto de guayaba según parámetros de medición establecidos en gramos y milímetros.

Tab. 3. Reporte del crecimiento fúngico aislado a partir del fruto de guayaba.

Tab. 4. Reporte del crecimiento fúngico aislado a partir del follaje del cultivo de guayaba.

Tab. 5. Nombres científicos y comunes de las moscas que perjudican cultivos frutales.

LISTA DE FIGURAS

Pag.

- Fig. 1. Cultivo de guayaba en el municipio de Zitácuaro Mich., México.
- Fig. 2. Vista satelital de la República Mexicana
- Fig. 3. Hojas jóvenes de guayabo.
- Fig. 4. Fruto con semillas expuestas
- Fig. 5. Estructura química de licopeno (arriba) y β -caroteno (abajo).
- Fig. 6. Estructura química del etileno.
- Fig. 7. Estructura de las Auxinas. Acido Indol-3-acetico.
- Fig. 8. Estructura de giberelina
- Fig. 9. Estructura de citosina
- Fig. 10. Tratamiento de inmersión en calcio.
- Fig. 11. Expresión de proteínas de choque térmico en una cámara de atmósfera modificada.
- Fig. 12. Estructuras de Hifas. A, Hifas septadas. B, Hifas aceptadas hialinas.
- Fig. 13. Formación de estructuras especializadas de penetración de esporas.
- Fig. 14. Quitina, un polímero de N- acetilglucosamina con enlace β , 1 – 4.
- Fig.15. Estructura química de la celulosa.
- Fig. 16. Fruto de guayabo con lesiones de Antracnosis.
- Fig. 17. La Antracnosis también afecta al follaje del guayabo. Se observan sobre las nervaduras de las hojas.
- Fig. 18. Crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* en APD.
- Fig. 19. Microscopia de *Colletotrichum gloeosporioides*. **a, d y f.** Hifas hialinas con conidios. **b.** Hifa unitaria con cuerpos intercelulares. **c y d,** conidias hialinas ovoides.
- Fig. 20. Árbol de guayabo en producción perteneciente a las huertas de Zitácuaro, Mich.
- Fig. 21. Flor del guayabo.
- Fig. 22. Raíces de papa. A) Lesión reticular marrón por *Pratylenchus spp.* B) Raíz sana.
- Fig. 23. *Anastrepha fraterculus*
- Fig. 24. Trips adulto.

INTRODUCCION

El fruto de *Psidium guajava* y sus productos derivados son de amplia aceptación en los consumidores (Añez et al., 1993) debido a las excelentes propiedades de la pulpa, disponibilidad durante todo el año y bajo costo. La guayaba posee un elevado valor nutritivo demostrado, contiene valores extraordinarios de vitamina A, ácido ascórbico, azúcares, taninos, flavonoides, fibras, entre otros (Laguado et al., 1998). Compuestos indispensables en la dieta alimenticia.

En la actualidad en nuestro país, el estado de Michoacán sobresale como primer productor de guayaba abarcando el 41% de la producción nacional (SAGARPA, 2005). Sin embargo, por la falta de conocimiento sobre la tecnología usada en el cultivo y a las prácticas que obedecen a la propia autogestión del productor, el cultivo es poco rentable.

Los problemas que con mayor frecuencia enfrenta el fruto son daños físicos, enfermedades por varios géneros de microorganismos (generalmente por Hongos y Levaduras), daños directos e indirectos por insectos, daños fisiológicos, daños mecánicos, además del daño por frío cuando el fruto es almacenado a bajas temperaturas (Urueta, 2004). Debido a estos problemas y a la importancia de producir alimentos con inocuidad ha crecido el interés por el uso y mejoramiento de tratamientos poscosecha.

La desinfección es uno de los tratamientos utilizados en poscosecha que tiene la función de eliminar los agentes patógenos y de modificar las condiciones ambientales, ayudando así a la preservación de la salud. El cloro es uno de los agentes desinfectantes más utilizado (Martínez, 2006).

Se estudió el proceso de infección de *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de guayaba cultivar Michoacán en dos diferentes estados de maduración, mediante microscopio. La germinación de los conidios ocurrió entre las 48 y 72 h después de la inoculación; la punta del tubo germinativo penetró directamente la cutícula observándose a las 72 h después de la inoculación. En frutos con maduración de consumo e inicio de climaterio, la infección fue rápida y las primeras hifas intercelulares se presentaron 90 h después de la inoculación; mientras que en frutos con maduración fisiológica, la invasión del tejido fue lenta y ocurrió después de las 120 h. Ocho días después de la inoculación, la infección avanzó, ocasionando colapso y separación celular, dando lugar a la formación de grandes cavidades en el

mesocarpio, correspondientes a las lesiones hundidas típicas de la antracnosis vistas a nivel macroscópico. Finalmente, se observó rompimiento de la cutícula y formación de acérvulos y conidios.

1. CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE GUAYABA



Fig. 1. Cultivo de guayaba en el municipio de Zitácuaro Mich., México.

PRODUCCIÓN E IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE GUAYABA.

México cuenta con regiones ecológicas aptas para su cultivo y con suficiente material genético que no ha sido debidamente aprovechado. (Mata *et al.* 2000)

Los principales países productores de guayaba en el mundo son: Pakistán, Egipto, **México**, Bangladesh, Estados Unidos, Brasil, Colombia, Malasia, Tailandia, Perú, Sudáfrica, Venezuela, Indonesia y República Dominicana.

Actualmente, en México se cultiva alrededor de 23 mil 387 hectáreas de guayaba. Siendo los estados de Aguascalientes, Zacatecas, **Michoacán** y el Estado de México los principales productores de este fruto.

Casi siete mil 500 productores se dedican a esta actividad, en 16 estados de la República de manera comercial y once como producción silvestre. (SAGARPA 2006). A nivel nacional, la producción de guayaba se distribuye a través de once centros de abastos. (SAGARPA 2005)

El mercado mundial de esta fruta para consumo fresco es limitado, sin embargo, se puede identificar un potencial mercado para los productos procesados, sobre todo en los países desarrollados como América del Norte, Europa y Japón donde son particularmente exigentes en los aspectos de sanidad e inocuidad. (Marín, M., *et al.*, 2004)



Fig. 2. Vista satelital de la República Mexicana

La región de **Michoacán** ocupa el **1er lugar** en producción de guayaba con una superficie superior a las 7 mil hectáreas que ocupan las zonas productivas de los municipios de Zitácuaro, Tuxpan, Jungapeo, B. Juárez, (http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/agricultura/fomento/cultivos/cultivo_guayaba.html).

El principal destino es a nivel nacional (México, León, Monterrey, Morelia) con una producción de 126 mil toneladas con una derrama económica de 441 millones de pesos y 100 mil empleos generados por 3 mil 500 productores. (SAGARPA 2005).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Pertenece al orden de las **Myrtales**, que se compone de cinco familias **Myrtaceae**, **Lecythruidaceae**, **Melastomaceae**, **Combretaceae** y **Rhizophoraceae**.

La familia **Myrtaceae** está representada por más de 3 000 especies de árboles y arbustos de áreas tropicales y subtropicales de todo el mundo.

Por otra parte, la carnosidad del fruto determina la división de la familia en dos subfamilias **Mirtoidea** y **Leptospermoidea** (carnosa y seca).

El género **Psidium**, comprende aproximadamente 150 especies dentro de ellas se encuentra *Psidium guajava* L. (Mata *et al.* 2000)

COMPOSICIÓN QUÍMICA. (FISIOLOGÍA)

Las **Hojas** son básicamente tallos con extensiones laterales, preformadas de yemas, normalmente crecen en longitud como resultado de la actividad del meristemo terminal. Las nervaduras continúan con la estructura vascular del tallo vía rastro foliar, rodeada por una vaina fascicular mas o menos desarrollada. La lamina de la hoja esta compuesta por el tejido fotosintético y contiene muchos cloroplastos, junto con una epidermis superior e inferior. El espacio aéreo interno de las hojas esta directamente conectado con el aire externo a través de pequeños poros o estomas rodeados de dos células, células oclusivas que abren y cierran el estoma.(Bidwell 1979)



Fig. 3. Hojas jóvenes de guayabo.

Son color verde claro-oscuro, ovales, oblongadas u oblongoelípticas; entrecruzadas ó dísticas hacia el ápice de las ramas. Miden de 3 a 6.5 cm de ancho y 5 a 15 cm. de largo. Tienen un olor característico. Las hojas contienen β -sitosterol, ácido maslínico y ácido guaijavólico. También contiene algunos polifenoles (como quercetina y 3-arabionopyranosida guaijaverina), un alto contenido de leucocianidina, una pequeña cantidad de ácido ellágico y amritosida. En un extracto volátil de hojas se detecta la presencia de alcohol etílico, alcohol n-propil, α -pineno, limoneno, mentol y α -terpenil acetato. La fracción no volátil contiene β -sitosterol. Una revisión cromatográfica de aminoácidos en 8 cultivares de guayaba reveló la presencia de 19 aminoácidos. La quercetina encontrada en las hojas de guayaba tiene efectos bactericidas (las bacterias gram-positivas son más sensitivas a estas sustancias que las gram-negativas) por ello presentan una alta actividad antibacterial y proporciona astringencia pues contiene 10% de taninos. Pueden clasificarse los tipos de guayaba basados en la composición de sus aceites esenciales de las hojas, además de contribuir con el mejoramiento genético ya que estos se puede ligar al sabor del fruto. (Mata *et al.* 2000)

El **Fruto** es el resultado del desarrollo de diversos tejidos florales y del tallo de soporte llamado receptáculo que sigue a la fertilización. (Bidwell 1979). La guayaba es una baya esférica, globulosa, elipsoidal o piriforme, el tamaño es diferente según su variedad, es averrugado o liso, densamente punteado, brillante con 5 a 12 cm. de largo y 5 a 7 cm. de ancho, su peso va de 30 g a 225g....????



Fig.4. Fruto con semillas

Es el resultado del desarrollo conjunto de las paredes del receptáculo y de los tejidos del ovario; conserva en el ápice los restos del cáliz y aun del pistilo. En el exterior presenta un color verdoso y amarillo claro en su madurez. El color de la carne es muy variado puede ser blanco, blanco-amarillento, rosado, amarillo, naranja y salmón. El casco del fruto puede ser delgado con muchas semillas a un casco grueso con pocas semillas. En la epidermis y el mesocarpo se hallan células duras esclereidas, solas o en grupos, que le dan la consistencia arenosa característica, en el centro se encuentra una masa pulposa que contiene las semillas. El sabor varia con el estado de maduración.....jjjj (Mata et al. 2000)

Al utilizar la cromatografía de gases se han identificado 22 compuestos de una fracción volátil de puré de guayaba, incluso dos terpenos. Por otra parte, también se reportan 11 terpenos de guayaba, y se menciona su posible importancia en el sabor y en la atracción de los insectos. El mayor componente es el β -cariofileno (95%); se sugiere que proporciona el aroma. Torline, citado por Dupaigne (1978) encontró e identificó al menos 37 constituyentes volátiles. También se han obtenidos altas concentraciones a los 200 μ g de componentes de aroma de fruto fresco. La esencia del fruto contenía 52 componentes principales de los cuales 39 ya habían sido reportados. De los componentes identificados, 55% eran ésteres; los mas representativos fueron etilacetato (25%), etil exanoato (15%) y etil butanato (8.7). Se detectaron 2 hidrocarburos monoterpénicos, que constituyeron el 1.5% de la esencia; dentro de ellos se encontró más humuleno que β -cariofileno. Ya es sabido que el componente de mayor importancia es el ácido ascórbico, siendo en la cáscara donde se encuentra en elevada proporción. En el fruto están presentes importantes ácidos orgánicos entre ellos se encuentran: láctico, málico, cítrico, galacturónico, fumárico y glicólico. El

cítrico, málico y fumárico, se emplean para el control del pH en algunos productos, lo cual resulta de interés para la industria en general. (Mata *et al.* 2000)

Contenido:	Porción 100g de guayaba.
Agua	77%
Proteína	0.95%
Grasa	0.45%
Azúcares	8.85%
Carbohidratos	2.85%
Fibras	8.15%
Taninos	0.95%
Cenizas	0.95%
Coeficiente de digestibilidad	90%
Vitamina A	200 unidades
Vitamina B ₃	40 unidades
Vitamina C	300 unidades
Vitamina G ₄	35 unidades.

Tab. 1 Información nutricional del fruto de guayaba.
(Mata *et al.* 2000)

REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

El guayabo se adapta a diferentes condiciones climáticas pese a su origen tropical, sin embargo, su área ecológica “ideal” es la franja Ecuatorial con límites a paralelo 30° de cada hemisferio. Respecto a la altitud, se encuentra desde el nivel del mar hasta 1500 m. Se ignora si la altitud afecta la calidad del fruto.?????. **PONER XQ ES IMPORTANTE PARA EL MICROORGANISMO.** (Mata *et al.* 2000)

Suelo.

Es un medio complejo donde están inmersos los nutrientes, además es el soporte físico y anclaje de la planta. Existen distintas texturas del suelo dadas por el tamaño de partículas individuales por lo cual las podemos clasificar en: arena (2 – 0.02mm de diámetro), limo (0.02 – 0.002mm de diámetro) y arcilla (menos de 0.002mm de diámetro); una mezcla aproximadamente igual de estas tres se llama marga. Las partículas de arcilla son suficientemente pequeñas para ser coloidales, además de estar formadas por mucha materia orgánica. (Bidwell 1979) El suelo no es factor limitante para la producción debido a que la planta responde a una variedad de tipos

de suelo como pueden ser arcillosos y orgánicos de buen drenaje, arenosos, y calcáreos, cuando estos se manejan con una fertilización adecuada. Se producen buenas cosechas en suelos demasiado húmedos para los aguacates y cítricos. Prosperan en suelos ácidos (pH de 4.5 a 5.0) y en los moderadamente alcalinos (7.6 a 8.2); el pH óptimo es 5.0-7.0.

Precipitación pluvial.

Se recomienda cultivares en áreas con clima de verano con precipitación media anual entre 1 000 y 2 000 mm e invierno moderado. Durante la época de fructificación el cultivo requiere más de humedad para mantener un mejor rendimiento.

Temperatura. Media anual 23 a 28 °C puede tolerar de 45°C o más, sin embargo, es sensible a temperaturas baja y puede morir a 1.7 °C y en la madurez a 3.3°C. (Mata *et al.* 2000)

IMPORTANCIA NUTRICIONAL Y MEDICINAL.

La Organización Mundial de la Salud y la Organización de Alimentos y Agricultura de Estados Unidos, recomiendan la ingesta de 400 g de frutas y vegetales por día. (Matthews, 2006)

La porción más importante del fruto consiste en la cantidad de agua que poseen. Éstas son deficientes en proteínas y aceites, sin embargo presentan cantidades razonables de carbohidratos según el estado de madurez y pueden ser dextrosa, sacarosa y fructosa. Los principales ácidos contenidos en ellos son cítrico, tartárico y málico. (Kirk 2004)

2. FISIOLÓGÍA DEL DESARROLLO DEL FRUTO DE GUAYABA.

Los cambios fisiológicos mostrados en cuanto a **Longitud, Anchura y Peso** en tres cultivares con semilla y uno sin semilla se incrementan con rapidez en los primeros 45 días y más lentamente hasta los 90 días. (Mata *et al.* 2000)

El contenido de **Humedad** en tres cultivares con semilla, varía de 66% hasta el 79% en los primeros 30 días y se eleva cerca del 80% en el día 120. (Mata *et al.* 2000)

En cuanto a la **Acidez** titulable aumenta de modo uniforme con rapidez desde el cuajado del fruto, hasta su maduración. La acidez total tiende a disminuir con el desarrollo del fruto, y después se incrementa firmemente.

El fruto contiene cantidades de **Azúcares** en orden decreciente, de fructuosa, glucosa, sucrosa e inositol; además, se puede apreciar que la fructuosa, la glucosa y la sucrosa se incrementan conforme se aproxima la madurez de la fruta. (Mata *et al.* 2000)

Las **Pectinas**, en la guayaba cv. Safeda, se incrementaron hasta los 110 días y luego disminuyeron, en generales su contenido es mayor en casco que en pulpa. (Mata *et al.* 2000) **Incluir los reportes de lesly....**

Los **Taninos** llegan a un nivel máximo después de 50 días y descienden a uno más abajo en cosecha; se consideró que el decremento del sabor amargo durante la maduración parece depender más del grado de polimerización de taninos que de su forma. (Mata *et al.* 2000). Las concentraciones de b-caroteno más altas las encontramos durante el estado verde amarillo. La coloración de la pulpa se relaciona con el contenido de licopeno. (Alcantara 2004)

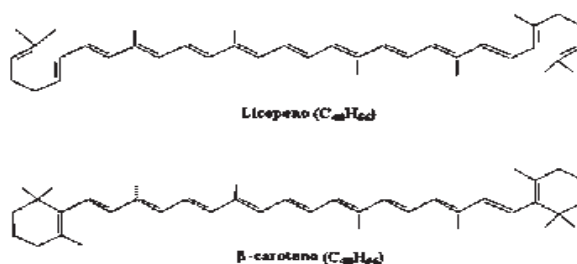


Fig. 5. Estructura química de licopeno (arriba) y β -caroteno (abajo).

Respecto al **Ácido Ascórbico**, el contenido se incrementa invariablemente hasta el día de su cosecha. El casco contiene más ácido ascórbico que la pulpa.

El nivel de **Sólidos Solubles totales y polifenoles (SST)**. El patrón de acumulación de azúcares evidenció que los contenidos de glucosa y sacarosas aumentan con la misma intensidad en las etapas finales del desarrollo de los frutos, correspondiéndose con la madurez fisiológica, pero superando la sacarosa en proporción. (Laguado *et al.*, 2004). Durante el crecimiento del fruto se observó una relación directa y significativa entre la edad, glucosa y sacarosa. mientras que el contenido total de polifenoles decrece conforme se alcanza la madurez. (Mata *et al.* 2000).

La actividad de **Enzimas** como la *invertasa* empieza a desarrollarse durante la maduración y alcanza su máximo nivel en la madurez completa. En la guayaba la relación de sucrosa y azúcares reductores es inversamente proporcional a la actividad de la invertasa. La enzima presenta su máxima actividad en pH de 3.5 a 4.0. La

amilasa empieza a incrementarse conforme el fruto madura y también alcanza su máximo valor cuando se ha completado su madurez; el incremento en su actividad causa un rompimiento de los carbohidratos almacenados, que se convierten en sustancias azucaradas que sirven como fuente precursora para la síntesis de sucrosa en madurez completa. Tiene un óptimo desempeño a un pH de 7.0. La actividad de la polifenoloxidasa (PPO) se incrementa con la maduración. Esta actividad no se remarca en la inmadurez ni en la madurez fisiológica, pero sí se incrementa en madurez de consumo, y se asocia con el decremento del valor polifenólico de guayaba y, con ello, en la desaparición de astringencia. La actividad de la pectinesterasa (PE) en siete cultivares de guayaba se presentó más alta en frutos sobremaduros e inmaduros. (Mata *et al.* 2000). Durante la maduración se ha reportado que la actividad de las enzimas poligalacturonasa y carboximetilcelulasa contribuyen al ablandamiento de los fruto debido a la degradación de la pared celular. Se relacionan a estas dos enzimas con el ablandamiento temprano de los frutos de guayaba. (Sañudo 2004).

CAMBIOS METABÓLICOS.

En los estados iniciales existe una alta **tasa de actividad**, debida, probablemente, a la alta tasa de división y diferenciación celular. Pero declina en los 45 días, tiene un ligero aumento entre los días 45 y 47 y vuelve a declinar.

El **Etileno** presenta una pequeña cima de producción que coincide con el principio del cambio de color del fruto. (Mata *et al.* 2000) **Investigar mas sobre esta hormona.....**

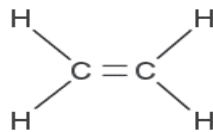


Fig. 6. Estructura química del etileno.

CAMBIOS HORMONALES.

Las semillas influyen de manera definitiva en el desarrollo de muchos frutos porque es ahí donde se sintetizan las hormonas requeridas para dichos cambios. (Mata *et al.* 2000)

Auxinas. En las dos formas de fruto se logró aislar a tres auxinas: dos ácidas y una neutra. Una auxina ácida y la neutra fueron similares al ácido indol-3-acético (AIA) y al

indol-3-acetonitrilo (IAN). Aunque cualitativamente las auxinas de los frutos con semilla y sin ella fueron las mismas, existen diferencias cuantitativas marcadas, pues el mayor contenido de auxinas se encuentra en frutos sin semilla durante la primera semana y en frutos con semilla en periodos tardíos. (Mata *et al.* 2000)

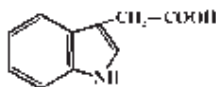


Fig. 7. Estructura de las Auxinas.
Acido Indol-3-acetico.

Giberelinas. Se cree que la biosíntesis de giberelinas en semillas juega un papel específico en el amarre y desarrollo del fruto. En frutos sin semillas se han aislado dos sustancias semejantes a giberelinas, GA₁ y GA₃. Por otra parte, en las semillas de guayaba inmadura se han detectado ocho sustancias semejantes a giberelinas: GA₁, GA₃, GA₄, GA₅, GA₆, GA₇, GA₉, y X₈ (sin identificar).

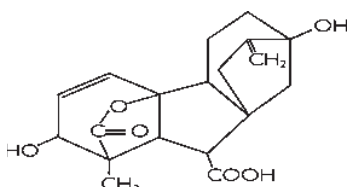


Fig. 8. Estructura de giberelina

Durante el crecimiento de los frutos con semilla y sin semilla, el primero demostró tener todo el tiempo el más alto contenido de giberelinas, que el fruto partenocáptico. La cima de la concentración para ambas formas ocurre 15 días después de la polinización; luego, la actividad del biorregulador decrece rápidamente, y en la fase de rápido crecimiento el contenido es bajo. Parece ser que las giberelinas sólo están involucradas en la fase temprana del crecimiento del fruto y no juegan un papel significativo en la fase de elongación. Tal parece que están involucradas en el amarre de la fruta sin semilla.

La tasa de crecimiento más baja y el tamaño menor final del fruto sin semilla, comparado con el fruto con semilla, puede atribuirse al bajo contenido de giberelinas y a la ausencia de algunas de ellas. (Mata *et al.* 2000)

Citocininas. En ambos cultivares, los niveles de citocininas se incrementaron durante los estados tempranos de desarrollo del fruto, y decrecieron cuando éstos se aproximaron a la madurez. (Mata *et al.* 2000)

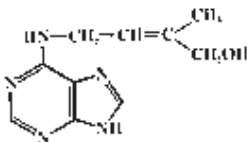


Fig. 9. Estructura de citocinina

En la guayaba alcanzan su máximo nivel la citocinina y la giberelina relativamente más pronto que la auxina. En general, la cantidad de auxinas parece ser más alta que la de giberelinas y citocininas. El tamaño del fruto depende del número de células que se formen en un estado temprano y su subsiguiente elongación. En la fase de división celular, la guayaba con semilla contiene un nivel de citocininas y giberelinas más alto que el del fruto sin semilla, y un contenido de auxinas más alto en la fase de elongación celular. (Mata *et al.* 2000).

4. MANEJO DEL CULTIVO.

Los nutrimentos se añaden o remueven de manera continua mediante diversas vías y la fertilidad de un suelo depende de las tasas relativas de adición y remoción de sustancias nutritivas. Otros factores que afectan la cantidad y disponibilidad de nutrimentos son el pH, contenido de Oxígeno y la capacidad de intercambio iónico en el suelo. (Bidwell 1979)

FERTILIZACIÓN DEL SUELO.

La aplicación de fertilizante es una práctica que se realiza en la plantación influyendo en el ciclo de producción de frutos, pero también es un factor que controla la floración, siempre y cuando se use en la forma adecuada. La fórmula que se aplica es variable, se tiene que tomar en cuenta el suelo, la edad, la producción y el cultivar. La carencia de algunos elementos mayores como Nitrógeno, Fósforo y Potasio, ocasionan la reducción en el crecimiento de la planta, en el tamaño y en el rendimiento de abonos y a los fertilizantes. (Mata *et al.* 2000)

Además de los elementos mayores de la estructura orgánica, Carbono, Hidrógeno y Oxígeno dispuestos por el aire y agua, contienen gran variedad de elementos en varias formas. Esta presente también el Nitrógeno, Azufre y Calcio, y algunos metales como componentes de enzimas y moléculas catalíticas.

Los **Macronutrimentos** y **micronutrimentos**. El primer grupo se refiere a ciertos elementos como Magnesio, Potasio, Nitrógeno, Calcio, Fósforo y Azufre que son requeridos por las plantas en grandes cantidades. Otros como el Hierro, Manganeso,

Boro, Cobre, Zinc, Molibdeno y Cloro, se requieren en pequeñas cantidades llamados también nutrimentos menores. (Bidwell 1979)

Si se abusa de la aplicación de Nitrógeno, los frutos serán de buen tamaño, pero no tendrán dureza, dulzura y prematuros. Se sugiere aplicar menos nitrógeno al árbol para evitar que la fruta se mallugue durante el transporte. Se recomienda 3 g de nitrógeno por cada centímetro de circunferencia del tronco.

El Potasio proporciona dureza, aroma y dulzura, al aplicar 1% de sulfato de potasio después del amarre del fruto y con siete aplicaciones intercaladas, mejora los SST. El Magnesio, Cobre y Boro ayudan al incremento del número de hojas, longitud de raíces, perímetro y altura de tallo. El Fierro incrementa la longitud de brotes terminales, el Zinc, incrementa el crecimiento y el contenido de clorofila, tiempo de maduración, niveles de vitamina C, sustancias pécticas y los SST. El Calcio proporciona firmeza al fruto, además de un crecimiento apical y radicular. (Mata *et al.* 2000) Se ha aplicado Cloruro de Calcio combinado con Nitrato de Calcio a una concentración del 1.6% obteniendo un efecto positivo en la cáscara y en la calidad final del fruto. (Quijada *et al.*, 2005)

RIEGO.

El “calmeo”, consiste en suspender el riego una vez terminada la cosecha para provocar un estrés, la planta responde con la abscisión de sus hojas y la entrada a quiescencia. La maduración del fruto se inicia entre los seis y los ocho meses después del primer riego, por lo que éste se debe aplicar siete meses antes de la fecha en que se desea obtener la producción. Para estimular nuevamente la brotación del árbol, el primer riego debe acompañarse de una fertilización al suelo, lo cual ocasiona que la planta vuelva a la actividad y emita nuevos brotes; por ser éstos madera nueva y por el hábito de fructificación de la especie, se producen las flores que posteriormente darán la cosecha. (Mata *et al.* 2000)

PODA.

Las ramas terminales se someten a un ligero despunte o pinchado, con lo cual se rompe la dominación apical y se permite que las dos yemas axiales más próximas broten. Estos crecimientos nuevos son potencialmente productivos, ya que posteriormente florecen y proporcionan el fruto. El tiempo transcurrido desde que se

realiza la operación hasta la cosecha es de aproximadamente siete meses. (Mata *et al.* 2000)

COSECHA Y POSCOSECHA.

MANEJO POSTCOSECHA

TRATAMIENTOS POSCOSECHA.

Existen ciertos tratamientos que deben realizarse antes del almacenamiento y/o mercadeo de cualquier producto fresco con el objeto de mantenerlo en óptimas condiciones y llegue al consumidor satisfactoriamente.

Se tiene que realizar una limpieza física eliminando piedrecillas, partículas de tierra y restos de plantas ya que restringen la ventilación y originan zonas calientes, además son vehículos de gérmenes patógenos que dañan el producto. (<http://www.fao.org/docrep/x5056S/x5056S03.htm>).



Fig. 10. Tratamiento de inmersión en calcio.

Se utiliza la inmersión en calcio puesto que es el principal responsable de la formación de la estructura y permeabilidad de la pared celular, elongación y división celular; además, tiene influencia sobre el retraso de la senescencia, control de desórdenes fisiológicos y efecto sobre diferentes tipos de patógenos, en frutas y vegetales. Este procedimiento se realiza sumergiendo el fruto en Cloruro de Calcio durante una hora al 1%, además de aumentar la vida de anaquel. (Urueta 2005).

Posteriormente se expresan proteínas de choque térmico (HSP) que le confieren termotolerancia al fruto, sometiéndolas a 38 °C por 30 min. (Perdomo 2006).



Fig. 11. Expresión de proteínas de choque térmico en una cámara de atmósfera modificada.

La posterior refrigeración de debe hacer a 8-10 °C con una Humedad Relativa de 85-90%. (Mata *et al.* 2000, Perdomo 2006)

Otro tratamiento poscosecha que se puede utilizar para aumentar la vida de anaquel de la guayaba es por medio de la deshidratación osmótica en una solución acuosa 60% de sólidos (80% sacarosa/ 20% maltodextrina 10DE), durante 48 hrs. Esto retrasa

el pico climatérico, promoviendo el decremento de consumo de oxígeno debido a la restricción de la difusión de oxígeno promovido por los cambios estructurales en la zona externa del tejido de la guayaba. (Pascual 2006).

CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DEL FRUTO.

REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

De manera general, las guayabas tienen que presentar requisitos mínimos para su comercialización en los distintos mercados y por ello deberán: estar enteras; ser de consistencia firme; estar sanas, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que haga que no sean aptos para el consumo; estar limpias y prácticamente exentas de cualquier materia extraña visible; estar prácticamente exentas de magulladuras; estar prácticamente exentas *de plagas que afecten al aspecto general del producto*; estar prácticamente exentas *de daños causados por plagas*; estar exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica; estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraños. (http://www.fao.org/ag/agn/fv/files/1089_GAUVASP.PDF).

Se elimina el fruto pequeño, con lesiones físicas mecánicas o signo de enfermedad y sobre maduro.

Las guayabas se clasifican en tres categorías:

Categoría “Extra”. Deben ser de calidad superior y características de la variedad y/o tipo comercial. No tener defectos, solo superficiales muy leves, sin afectar el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

Categoría I. Ser de buena calidad y características de la variedad y/o tipo comercial. Podrán tener defectos leves, sin que afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

Categoría II. Comprende las guayabas que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados. (http://www.fao.org/ag/agn/fv/files/1089_GAUVASP.PDF).

Se puede clasificar también teniendo en cuenta el calibre determinado por el peso o el diámetro máximo de la sección ecuatorial del fruto, de acuerdo con la siguiente tabla:

Código de Calibre	Peso (en gramos)	Diámetro (en milímetros)
1	> 450	> 100
2	351 - 450	96 – 100
3	251 - 350	86 – 95
4	201 - 250	76 – 85
5	151 - 200	66 – 75
6	101 - 150	54 – 65
7	76 - 100	43 – 53
8	35 - 60	30 – 42
9	< 35	< 30

Tab. 2. Clasificación del fruto de guayaba según parámetros de medición establecidos en gramos y milímetros.

ALMACENAMIENTO DEL FRUTO.

La conservación de las características químicas del fruto depende de la atmósfera de almacenamiento (10 °C y la H. R 90 –95 %) a través de las cuales se puede prolongar la vida de anaquel hasta por 24 días. (Urueta 2005, Perdomo 2006).

5. PATOLOGÍAS PROPIAS DEL CULTIVO DE GUAYABA.

COMENTAR DE MANERA GENERAL SOBRE LAS PATOLOGÍAS Y SEÑALAR EL ANEXO #.

PATOLOGÍAS FÚNGICAS EN CULTIVO DE GUAYABA.

6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS HONGOS.

No existe en el mundo, organismos que no estén o hayan estado bajo la influencia de los hongos. (Castillo 1987). Son la principal causa de enfermedad en las plantas, más de 5 000 especies atacan a cosechas y plantas de ornato, así como animales incluido el hombre por lo que adquieren una importancia económica. Por otra parte, participan en procesos industriales de alimentos, en la producción comercial de ácidos orgánicos como cítrico, gálico, etc., podemos mencionar la elaboración de fármacos dentro de estos esta la ergometrina, cortisona, antibióticos e inmunosupresores. (Castillo 1987, Prescott *et al* 1999, Ulloa, *et al* 1978, Deacon 1988)

Otra utilización de los hongos, además de colaborar en la elaboración de alimentos, ácidos orgánicos, antibióticos, produce hormonas vegetales como giberelinas, que son un grupo de metabolitos secundarios y son producidos comercialmente a partir de hongos. A partir de *Aspergillus niger*, por ejemplo, se obtienen cuatro enzimas fungicas: α -amilasa, amiloglucosidasa, pectinasa y proteasas, la primera se utiliza para convertir el almidón en maltosa y maltotriosa y junto con la amiloglucosidasa para obtener glucosa y maltosa, las pectinasas se utilizan para clarificar jugos de frutas y vinos. (Deacon 1988)

Los hongos son descomponedores de materia orgánica compleja por medio de la degradación de polímeros grandes del ambiente a compuestos orgánicos simples y moléculas inorgánicas liberando nutrimentos que son utilizados por ellos mismos y por otros organismos liberando exo-enzimas hidrolíticas que digieren sustancias externas, para después absorber los productos solubles. (Deacon 1988)

Son quimiorganoheterótrofos y emplean compuestos como fuente de carbono, electrones y energía. Debido a la pared rígida, no pueden fagocitar el alimento. El glucógeno es el polisacárido almacenado en mayor cantidad en los hongos, por esta razón emplean hidratos de carbono, además de compuestos nitrogenados para sintetizar aminoácidos y proteínas. (Prescott, *et al.*, 1999)

ESTRUCTURA DE LOS HONGOS.

Estructuralmente podemos decir que están formados a partir de filamentos largos y delgados llamadas **hifas**. Estas hifas crecen en sus extremos, presentando un crecimiento apical y se ramifican periódicamente detrás de los ápices, dando como resultado una red de hifas que se denomina micelio. (Alexopoulos *et al* 1996, Castillo 1987, Deacon 1988, Ferrera y Alarcón 2007, Herrera y Ulloa 1998, Prescott *et al*, 1999, Ulloa y Hanlin 1978) Están rodeadas por una pared que a menudo contiene quitina y celulosa, son polímeros lineales de N-acetilglucosamina y glucosa con enlaces $\beta(1-4)$ que forman microfibrillas cristalinas debido a las cadenas lineales y su capacidad de compactarse.

También hay varios glucanos y polímeros de manosa que son solubles en álcali y se pueden ramificar dándoles más resistencia a la pared. Pueden estar divididas por un septo, septadas, o cenocíticas, sin septo.

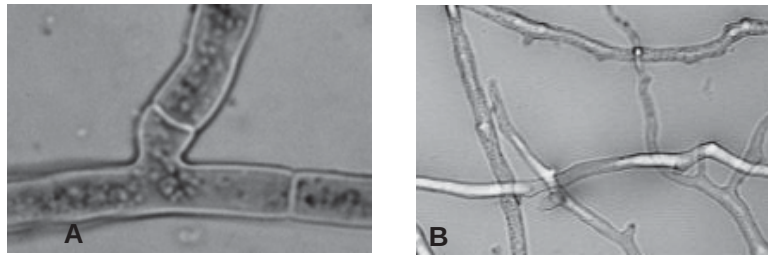


Fig. 12. Estructuras de Hifas. A, Hifas septadas. B, Hifas aseptadas hialinas.
curlygirl.naturlink.pt/fungi.htm

Todos los compartimentos están interconectados y se pueden distinguir el flujo constante para abastecer de material de crecimiento, por esta razón, tienen la capacidad de anastomarse, es decir, fusionarse entre sí, en los puntos de contacto por degradación local de las paredes adyacentes, intercambiando núcleos y citoplasma entre sí. Cada septo está relacionado con uno o más corpúsculos de Woronin que está formado a su vez, por una red proteínica y rodeada por una membrana lipídica, actúan como obturadores de los septos para aislar los compartimientos de las hifas cuando están envejeciendo o se diferencian. (Alexopoulos *et al*, 1996, Deacon 1988, Herrera y Ulloa 1998)

La disposición de los núcleos difiere entre los distintos hifos, pero comúnmente en el compartimento apical contiene varios núcleos, mientras que en los compartimentos subapicales tienen uno o dos núcleos. Los principales organelos citoplasmáticos son semejantes a los eucariotes incluye mitocondrias, retículo endoplásmico, vacuolas, ribosomas, aparato de Golgi, además de microtúbulos que se relacionan con el movimiento de los organelos. En el citoplasma puede contener glucógeno, esteroides como ergosterol. Las hifas pueden desintegrarse por autólisis por acción enzimática o por acción alternativa producida por otros microorganismos. En relación a esto, algunos compartimentos hifales pueden acumular grandes cantidades de lípidos y desarrollar paredes secundarias. (Castillo, 1987, Prescott, *et al.*, 1999, Deacon 1988)

En lo que respecta a la estructura de los **conidios**, también llamados conidiosporas, son esporas asexuales no móviles que generalmente se forman en el ápice o en un lado de una célula esporógena especializada, nunca se producen dentro de una estructura con pared celular rígida o peridio. (Herrera y Ulloa 1998) Existe una clara distinción entre los conidios blásticos, que se originan por gemación o hinchamientos y luego se separan de la estructura de sostén por un septo y los conidios tálicos, que se originan por fragmentación o reptación de una hifa que

después se puede hinchar. Conidio blástico se forma de una célula especial en forma de matraz, la fialide, en *Aspergillus* y *Penicillium*, las células fiálides, todos los conidios subsecuentes son empujados del extremo de la fiálide y los corta un septo, estos se acumulan, uno tras otro en cadenas o bien pueden agruparse en una masa mucilaginosa de conidios en la punta de la fiálide. Los conidios táticos representan fragmentos de hifas por esta razón se le conoce a veces como artrosporas. Los conidios por lo general, se forman en las colonias con crecimiento vegetativo, pero en regiones de la colonia o hifas individuales que ya no van a intervenir en el crecimiento vegetativo. (Deacon 1988)

Estructuras Vegetativas Especializadas.

Los hongos producen varias estructuras durante el proceso de penetración hacia la superficie intacta de vegetales, células hinchadas llamadas **apresorios**, o estructuras lobuladas conocidas como hifopodios y los colchones de infección más complejos. Ayudan a la fijación del hongo en la superficie del hospedero mediante secreciones mucilaginosas, en tanto que estas estructuras invaden la pared celular de la planta. La secuencia, en la que la espora germina, el tubo germinal se extiende y luego se hincha formando un apresorio, y debajo de éste se desarrolla una hifa delgada de penetración que crece del tamaño de una hifa normal. (Deacon 1988, Herrera y Ulloa 1998)

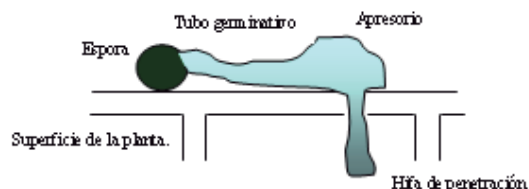


Fig. 13. Formación de estructuras especializadas de penetración de esporas.

Los **estolones** son hifas vegetativas aéreas y no ramificadas que se alargan en línea recta o curva en la superficie del sustrato y acaban por encorvarse y tocarlo en el mismo sitio en el que forman rizoides, uno o varios estolones pueden formarse entre los fascículos o redes, de esta forma, el micelio avanza rápido y en todas direcciones. Se llaman **rizoides** a los fascículos de hifas que se desarrollan dentro de un sustrato, son filamentos cortos o largos, ramificados de diferentes aspectos, tienen doble función: la fijación del micelio en el sustrato y la absorción de sustancias nutritivas del mismo, como *Thamnostylum*, *Absidia* y *Rhizopus*. Los **haustorios** son formaciones ramificadas que se desarrollan de las hifas intercelulares vegetativas que perforan las membranas de las células, penetran en el protoplasma y extraen las sustancias

alimenticias se denominan literalmente “filamentos chupadores”, además son órganos de tamaño restringido y deformados por la acción de las células del hospedante. Por otra parte, los **bolbilos** son corpúsculos puntiformes de color moreno o moreno rojizo que comparten la misma función con los esclerocios, se desprenden de los micelios o quedan libres cuando éstos mueren. Los **esclerocios** están conformadas por masas tuberosas y compactadas por la unión de hifas constituyendo una corteza protectora delgada y firme quitinizada generalmente de color moreno o negruzco. Un ejemplo es el cornezuelo del centeno *Claviceps purpurea*. (Herrera y Ulloa 1998)

Para realizar el aislamiento in Vitro en el laboratorio podemos decir que no existe un solo medio que sea adecuado para realizar el cultivo de hongo, sin embargo, los que se manejan son V-8 agar, extracto de malta agar o papa dextrosa agar. Para aislar en sustratos naturales pueden aislarse de estiércol, hojas descompuestas y otros materiales, colocados en cámaras húmedas. (Ulloa y Hanlin 1978)

REPRODUCCIÓN

Es la formación de nuevos individuos que poseen todas las características típicas de la especie. (Alexopoulos, et al, 1996) Los hongos se reproducen tanto sexual como asexual, pero su resultado es el mismo, la producción de esporas. Ambos tipos de reproducciones se nombran según la parte del talo donde se formen los órganos reproductores, los halocápicos, el talo completo se convierte en los órganos de reproducción y los eucápicos solamente una parte del micelio se transforma en órgano reproductor. (Herrera y Ulloa 1998)

La reproducción sexual la podemos considerar como una serie de eventos, con características de desarrollo propias que podemos enlistar a continuación: Primeramente se producen órganos sexuales y gametos, seguido de la fusión de gametos u órganos sexuales (plasmogamia) posteriormente, tarde o temprano hay fusión nuclear (cariogamia), después se presenta meiosis en hongos haploides, en hongos diploides ocurrirá durante la formación de gametos, seguido de un desarrollo de cuerpos fructíferos para encerrar y dispersar las esporas y finalmente el desarrollo de las esporas sexuales propiamente dichas. (Herrera y Ulloa 1998) Dentro del sistema hormonal de los hongos se han podido identificar cuatro hormonas, la sirenina encargada de la producción de gametos femeninos de *Allomyces* para atraer los gametos masculinos por quimiotaxia, el anteridol es producido por las ramas femeninas de *Achlya* iniciando el desarrollo de anteridios en las ramificaciones de hifas

masculinas o neutras. Como resultado de la absorción de anteridiol, las ramas masculinas producen una hormona, el oogoniol. Cualquier colonia puede producir células sexuadas femeninas y masculinas. En los *Zygomycetes* se encuentran 2 tipos de apareamiento + y - porque no difieren morfológicamente, requieren dos talos diferentes para la reproducción sexual llamándose heterotálicos, mientras que las especies autofertilizantes se denominan homotálicas. Las hormonas activas hacen que las ramas aéreas de las cepas crezcan unas hacia otras. (Alexopoulos, *et al*, 1996, Deacon 1988) Si se encuentran etapas sexuales o “perfectas”, se denomina **telemorfos**. (Deacon 1988)

Su reproducción asexual, esta dada por conidios que se forman de varias maneras, gemación, expulsión por un poro, hinchamiento del ápice de la hifa o bien a partir de células en forma de botella. Las hifas que llevan esporas o conidióforos son simples o ramificadas. (Alexopoulos *et al*, 1996, Deacon 1988, Herrera y Ulloa 1998) La Esquizogénesis o bipartición se da lugar en hongos unicelulares se forma un tabique transversal en las células de *Schizosaccaromyces*. En la Gemación, el protoplasma de las células forma en la pared un pequeño crecimiento externo llamado brote o yema, crece y alcanza un tamaño semejante al de la célula madre, cierra su pared por el sitio donde se une a esta y se forma un individuo nuevo, puede separarse o no, formando pequeñas cadenas de células. La Esporulación, las esporas pueden quedar agrupadas, dispuestas de manera constante y característica para cada grupo constituyendo cuerpos fructíferos denominados esporóforos. En hongos acuáticos las esporas son desnudas y con uno o dos flagelos denominadas zoosporas. En muchos hongos de división *Deuteromycotina*, las hifas esporíferas se agrupan en cuerpos fructíferos asexuales como acérvulos, esporodoquios y los picnios. (Herrera y Ulloa 1998)

DIMORFISMO

Algunos hongos dimórficos cambian de **M** (miceliar) a **L** (levaduriforme) por un desencadenador ambiental. Los hongos que parasitan al hombre producen micosis diseminada cambiando de M a L cuando la temperatura aumenta de 20 o 25 °C a 37 °C. Los pocos hongos fitopatógenos que tiene una predilección por la forma unicelular reflejan una adaptación para dispersarse a través del xilema. Otros hongos dimórficos como *Mycotypha sp*, no responden a cambios de temperatura si no al grado de oxigenación o a los niveles de CO₂ en el micelio. El metabolismo de estos hongos

indican una asociación de la respiración con la fase M y la fermentación con la fase L. (Deacon 1988)

METABOLISMO Y NUTRICIÓN DE LOS HONGOS

Se puede decir que cualquier compuesto orgánico es usado por los hongos para producir su energía, si el compuesto es absorbido por las células y es capaz de entrar en una de las vías. El metabolismo fundamental de los hongos difiere muy poco de los demás organismos. Se genera ATP para el almacenamiento de energía, reducen coenzimas para varias reacciones biosintéticas, y sus intermediarios se utilizan como puntos de partida en las vías biosintéticas.

Los azúcares o sus derivados se degradan inicialmente por una de las tres vías que en conjunto se denomina glucólisis: la vía Embden-Myerhof-Parnas (EMP), la vía de la hexosa monofosfato (HMF) y la vía de Entner-Doudoroff (ED). La vía mas utilizada por los hongos es EMP y HMF. A partir de la glucólisis y el ciclo ATC se forma muy poco ATP y más bien se producen coenzimas reducidas como NADH_2 y NADPH_2 a partir de sus equivalentes oxidados y se obtiene energía cuando estas coenzimas vuelven a oxidarse al transferir sus electrones. Cada una de las vías productoras de energía, un compuesto inorgánico actúa como aceptor final de electrones, se denomina **respiración** y puede ser aeróbica (O_2) o anaeróbica (NO_3^- como aceptor final). En una degradación completa de cada molécula de azúcar se producen 38 moléculas de ATP. (Deacon 1988)

Muchas levaduras y varios hongos filamentosos pueden crecer de forma anaeróbica sin efectuar respiración. El ciclo del ATC no funciona y no hay cadena transportadora de electrones, por ello, todo el ATP se deriva de las primeras etapas de la glucólisis, por cada mol de glucosa metabolizada por la vía EMP se forman dos moles de ATP y sólo una por mol de la vía HMP, por lo tanto, el uso de los carbohidratos para la producción de energía es ineficaz. Las enzimas reducidas que se forman durante la glucólisis se deben volver a oxidarse para que la vía continúe funcionando y se logra reduciendo el ácido pirúvico ya sea a ácido láctico o a etanol. Este tipo de vías productoras de energía, en las cuales una molécula orgánica actúa como aceptor final de electrones se denomina **fermentación**. Para la producción de aminoácidos, ácidos nucleicos y lípidos se utilizan intermediarios de las vías glucolíticas, mientras que el acetil CoA se utiliza como compuesto inicial para varias reacciones biosintéticas que incluyen la producción de ácidos grasos y varios

metabolitos secundarios. Los principales compuestos de reserva incluyen lípidos y glucógeno. (Deacon 1988)

La quitina es el componente característico de la pared y es una molécula que consiste en una sola cadena lineal que asemeja a la celulosa. Se deriva de la fructosa-6-fosfato por la adición de un grupo amino y uno acetilo, luego la cadena se sintetiza por la adición sucesiva de estas unidades a una cadena existente.

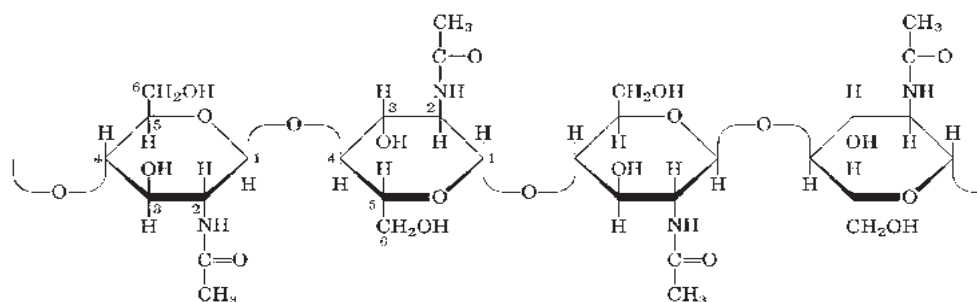
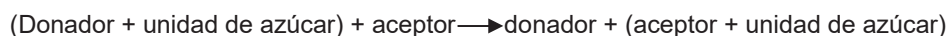


Fig. 14. Quitina, un polímero de N- acetilglucosamina con enlace β , 1 – 4.

La reacción típica de la síntesis de polisacáridos se puede representar en la siguiente ecuación:



La enzima quitina sintetasa existe en forma de cimógeno en muchos hongos y se convierte en enzima funcional por proteólisis parcial con una enzima proteasa.

Los aminoácidos se forman mediante la incorporación de amoniaco a los ácidos orgánicos o por reacción de transaminación entre los aminoácidos existentes y los ácidos orgánicos. La lisina es un aminoácido poco común que los animales carecen de la capacidad de sintetizar. Las vías se designan por las siglas AAA y DAP por sus intermediarios, ácido α -aminoadípico y ácido diaminopimélico, sin embargo, los hongos utilizan sólo la primera vía.

Los metabolitos secundarios no se utilizan para el crecimiento, sino que se desvían hacia varias vías poco comunes desconociendo sus funciones útiles en los organismos, en los hongos filamentosos, a diferencia de los unicelulares, los metabolitos pueden acumularse en las partes más viejas de la colonia cuando aún ésta sigue creciendo. Algunos presentan un valor comercial como los antibióticos y hormonas vegetales, otras se consideran carcinógenos muy potentes presentes en algunos tipos de alimentos llamados aflatoxinas. Estas últimas, al parecer no son

tóxicas en su estado natural pero al ser absorbidas en el intestino y pasar por el hígado, se convierten en moléculas tóxicas altamente inestables. (Deacon 1988)

Si el alimento es obtenido directamente de otro organismo el hongo se le denomina **parásito**, si puede obtener su alimento de materia orgánica muerta, se llama **saprofito**. Los hongos parásitos están extraordinariamente preparados para parasitar la planta, tienen estructuras especiales de penetración ocasionando una enfermedad, aproximadamente el 70% de las enfermedades de cultivo son originadas por hongos fitopatógenos. Los hongos que viven sobre materia muerta y son incapaces de infectar organismos vivos se les denomina saprófitos obligados; los hongos capaces de causar enfermedad o de vivir sobre materia orgánica muerta, según las circunstancias, se les denomina parásitos facultativos ó saprófitos facultativos y los que sólo pueden vivir expensas del protoplasma vivo, se les denomina parásitos obligados, un organismo vivo infectado por un parásito se le denomina hospedante. (Alexopoulos *et al* 1996, Herrera y Ulloa 1998) Sin embargo, no todos son tan perjudiciales, pues la mayoría de las plantas superiores viven asociadas con hongos por medio de sus raíces, llamadas **micorrizas**, incrementando la eficiencia de absorción de nutrientes. (Alexopoulos *et al* 1996, Deacon 1988, Ferrera y Alarcón 2007, Herrera y Ulloa 1998)

Existen hongos que parasitan otros hongos llamados micoparásitos, otros insectos, denominados entomógenos y otros más a los nemátodos, el número de estas especies es pequeño, son de gran importancia por sus adaptaciones específicas y su capacidad reguladora de la naturaleza. En el caso de los hongos saprofitos, la capacidad de las hifas para la penetración les permite degradar materias estructuralmente complejas como celulosa y lignina. Todo esto colabora con la recirculación del Carbono y los nutrientes minerales que necesitan las plantas para su crecimiento. Contribuyen estos hongos a la formación del ácido húmico del humus del suelo, muy importante para la fertilidad de éste. (Deacon 1988)

Ya se mencionó que requieren de compuestos orgánicos preformados como fuente de energía y de Carbono para la biosíntesis. A través de la membrana pueden absorber moléculas más simples como aminoácidos, monosacáridos, pero moléculas más complejas por lo cual necesitan liberar enzimas al medio. Sólo los mohos mucilaginosos fagocitan el alimento y no necesitan la secreción de enzimas. (Deacon 1988, Herrera y Ulloa 1998) Las enzimas son inducidas por la presencia de sustratos en el exterior de las hifas y su síntesis es reprimida por la presencia de productos finales u otros materiales. Para las diferentes enzimas y nutrientes se requiere de una

película de agua, por lo que el crecimiento de los hongos se limita a medios relativamente húmedos en los que haya una fase líquida. Son liberadas en un medio no controlado, por lo que las condiciones ambientales pueden laminarlos, el pH 4.0 es óptimo para las actividades de enzimas pécticas. (Deacon 1988) Los hongos que degradan polímeros insolubles como la celulosa producen zonas de erosión enzimáticas o zonas de agotamiento del sustrato alrededor de las hifas por lo tanto necesitan crecer constantemente hacia nuevas zonas a medida que decrece su eficiencia para obtener nutrientes.

Los requerimientos de Carbono y energía, son utilizados a partir de carbohidratos de origen vegetal constituyen la fuente de energía más abundante para los hongos en la naturaleza. Casi todos utilizan glucosa, maltosa, sacarosa y almidón, *Leptomitius lacteus*, es la excepción utiliza ácidos grasos, ácidos orgánicos y glicerol como producto de energía. Las grasas y proteínas o las unidades son utilizadas por los hongos de manera semejante, sin embargo, no pueden ser fuentes únicas de Carbono.

Los principales polisacáridos de las paredes celulares de las plantas son la celulosa y hemicelulosas que son utilizados de manera recirculante en los hongos. La celulosa consta de un monómero, la glucosa, unidos por un solo tipo de enlace, el $\beta(1-4)$, cadena lineal, hasta de 3 000 unidades de glucosa.

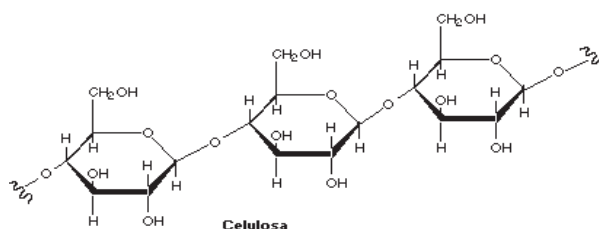


Fig.15. Estructura química de la celulosa.

La degradación de la celulosa soluble se lleva a cabo por 2 enzimas producidas comúnmente por los hongos: la endo- β -glucanasa y la β -glucosidasa, la primera, rompe las cadenas de celulosa para formar varias moléculas como el dímero celobiosa y el trímero celotriosa, luego la β -glucosidasa rompe a la celobiosa para formar glucosa, finalmente asimilada por la célula. Sin embargo, la celulosa cristalina natural requiere una tercera enzima, la exo- β -glucanasa, que separa unidades sucesivas de dos azúcares (celobiosa) de los extremos de las cadenas de celulosa. Cuando se presentan juntas estas enzimas se le conoce como complejo celulasa. Esta enzima sólo se forma en presencia del sustrato, aunque siempre existe pequeña cantidad y cuando actúan las enzimas sobre la celulosa liberan moléculas de celobiosa que

activan la síntesis de celulosa y es reprimida la síntesis por altos niveles de glucosa u otros azúcares fácilmente metabolizables. La celulasa se forma cuando se han agotado otros compuestos más fáciles de utilizar. La celobiosa actúa como inhibidor competitivo de la endo- β -glucanasa y β -glucosidasa uniéndose en el sitio activo de la enzima, así la tasa de degradación de la celulosa disminuye cuando se acumula el producto final, la celobiosa. (Deacon 1988)

Otros requerimientos de nutrientes son vitaminas preformadas, la tiamina, seguida de la biotina. Algunos hongos requieren aminoácidos preformados como L-aspargina, L-arginina.

CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS

Se pueden clasificar de acuerdo a su pared celular, sin pared celular *Myxomycota*, y los verdaderos hongos con pared *Eumycota* y éste último dividido en *Mastigomycotina*, *Zygomycotina*, *Ascomycotina*, *Basidiomycotina* y *Deuteromycotina*. (Deacon 1988)

Sin embargo, la clasificación de acuerdo con el árbol filogenético provisional de los hongos verdaderos *Eumycota*, mohos mucosos y mohos acuáticos, basado en la comparación de secuencias de rRNA 18S, de la subunidad pequeña del ribosoma y el tipo de crestas mitocondriales presentes. (Prescott *et al* 1999)

DIVISIÓN *Zygomycota*.

Presentan una fase sexual de la reproducción, en la cual hay unión o fusión de las dos células sexuales independientes para formar un zigosporo de pared gruesa. Incluyen el orden de los *Mucorales* que son hongos filamentosos o mohosos, y a los zigomicetos que se reproducen tanto en forma asexual como sexual, por la formación de zigosporos dentro de esporangios semejantes a sacos.

El orden *Endomycetales* incluye aquellos zigomicetos que se reproducen sólo de modo sexual, con la producción de ascosporos. Las hifas son cenocíticas con núcleos haploides. Algunos ejemplos son *Saccharomyces*, *Rhizopus stolonifer*. (Konneman *et al* 1999, Prescott *et al* 1999)

DIVISION *Ascomycota*

Son hongos normalmente llamados hongos de saco por su estructura reproductiva en forma de saco, muchos de ellos son parásitos de plantas superiores. Un ejemplo es el *Claviceps purpurea* (fig. #) parásito del centeno que causa ergotismo así como *Neurospora crassa*, moho rosa del pan.

Presentan hifas tabicadas y su reproducción generalmente es asexual dando lugar a conidiosporas. La reproducción sexual genera sacos o ascas que contienen uno o más ascosporas. (Prescott *et al* 1999)

DIVISIÓN *Basidiomycota*

Son los hongos con sombrero; tienen mayor importancia médica por las micotoxinas que producen, como los alcaloides producidos por *Amanita phalloides* o las infecciones sistémicas que genera la criptococosis causado por *Cryptococcus neoformans*. Reciben su nombre por la estructura de reproducción llamada basidio en forma de clava que se produce en la punta de las hifas y normalmente tiene forma de maza donde se lleva a cabo la formación de los esporos por mitosis y meiosis, lo que da por resultado cuatro esporos denominados basidiosporos. (Konneman *et al* 1999) El basidio puede dar lugar a dos o más basidiosporas, y los basidios pueden ser sostenidos por cuerpos de fructificación llamados basidiocarpos. La mayoría son saprofitos que descomponen vegetales, en especial celulosa y lignina. Muchas setas se emplean como alimento en todo el mundo como el caso de *Agaricus campestris*. (Prescott *et al* 1999)

DIVISIÓN *Deuteromycota*

Se refiere a los “hongos imperfectos”, es decir, aquellos en los que sólo se observó la fase de reproducción asexual. Los Deuteromicetos se encuentran generalmente como saprofitos, pero algunos son parásitos de plantas y animales. (Ulloa *et al* 1978).

Aquí están incluidas la mayor parte de las especies de hongos de importancia médica. (Konneman *et al.*, 1999). También en la industria su actividad es importante para la síntesis de antibióticos de especies *Penicillium*. Especies de *Aspergillus* se emplean para la fermentación de alimentos, producción de ácido cítrico, glucónico y gálico. En estado vegetativo tienen micelio bien desarrollado, septado, con conidióforos

característicos, aunque algunas especies tienen un talo unicelular algunos otros se desarrollan como levaduras, otros presentan alternancia entre micelio y levadura. Son haploides y su pared está compuesta de quitina y glucanos. (Deacon 1998) Los conidióforos pueden formarse en forma aislada o en grupos dando lugar a estructuras especializadas como los siemans y los esporodoquios, o bien producirse en el interior de fructificaciones. (Alexopoulos, et al, 1985) Algunas clases carecen de conidios y solamente producen esclerocios. El orden *Melaconiales*, los conidióforos se forman en un acérvulo formado por la erupción del hongo a través de la epidermis del hospedero, un acérvulo no se forma en cultivo. El género *Colletotrichum* esta formado por hifas típicamente alargadas, macizas a partir de los cuales se originan cerdas tiesas, de color café oscuro, adelgazadas hacia las puntas redondeadas.. Los conidios son amerosporas hialinas, curvadas o rectas, dependiendo la especie. (Alexopoulos et al 1996, Ulloa y Hanlin 1978).

DIVISIÓN *Chytridiomycota*

Son hongos saprófitos que viven en suelos húmedos o aguas dulces. El *Rhizophlyctis rosea* es un desintegrador de celulosa muy común en los suelos, otro es *Chytridiomycetes hyalinus*, que degrada quitina, varias especies parasitan algas u hongos.

(Deacon 1988) Se reproducen de manera asexual, formando zoosporas móviles con flagelos únicos que les proporcionan movimiento en forma de latigazo. Generalmente, el componente fundamental de la pared celular de los quítridos es la quitina. Se cree que sus antecesores eran protozoos con un flagelo similar. Los géneros como *Allomyces* se emplean en el estudio de la morfogénesis.

Los mohos mucosos y los mohos acuáticos sólo se parecen a los hongos en su aspecto y el modo de vida, sin embargo, su organización celular, reproducción y ciclos vitales son filogenéticamente diferentes. (Prescott et al 1999)

HONGOS PATÓGENOS DE LAS PLANTAS.

Más de las tres cuartas partes de las pérdidas por enfermedades de plantas se deben a los hongos. Los hongos parásitos que dañan a las plantas son dos tipos básicos según su biología: necrotróficos o necrótrofos y biotróficos o biótrofos. (Deacon 1988, Herrera y Ulloa 1998)

Los hongos **necrotróficos** matan las células del hospedante desde las etapas tempranas en el curso del parasitismo, por ello viven y se alimentan como saprobios a partir de los tejidos muertos, las hifas secretan enzimas y otras sustancias que al difundirse en los tejidos circundantes afectan la integridad fisiológica y física de las células constituyentes. Algunas enzimas son de carácter celulolíticas como endo- β -1,4 glucanasa, exoglucanasa, xilanasas, celulodextrinas y α -L-arabinofuranosidasa. (Ferrera y Alarcón 2007) En los hongos **necrotróficos especializados**, su crecimiento está confiado casi exclusivamente a los tejidos del hospedante colonizados y muertos durante la fase parasítica que es compensada con el poder de vencer la resistencia de plantas sanas por medio de la producción de toxinas que provocan marchitamiento del follaje. Otros factores patogénicos son el tamaño de las esporas y la producción de gomas y geles producto de la degradación de la lámina media por medio de las enzimas pectinolíticas, que contribuyen a bloquear el flujo del agua en los vasos. (Deacon, 1988)

Por otra parte, los hongos **biotróficos** infectan células que permanecen vivas y aparentemente sanas de donde obtienen sus nutrientes. No pueden crecer como saprobios en competencia con otros microorganismos y por tanto están completamente restringidos a su papel de parásitos en condiciones naturales. Invaden las células epidérmicas por medio de haustorios que se originan por ramificaciones del micelio. En estas infecciones, existe un crecimiento anormal en el órgano atacado. Las plantas atacadas por este tipo de hongos, su muerte es de manera más lenta en comparación con los necrotróficos, sin embargo presentan síntomas de deficiencia alimentaria crónica por un bajo suministro de carbohidratos, entre otros nutrientes. (Deacon 1988, Herrera y Ulloa 1998)

TRATAMIENTOS FUNGICIDAS .

El cloranfenicol, degrada la mitocondria, la cual participa en la síntesis de proteínas. El antibiotico Polioxina inhibe específicamente la síntesis de quitina. (Deacon 1988)

Otro manejo que se le puede dar a las enfermedades ocasionadas por hongos es el uso de organismos biocontroladores que actúan por distintos mecanismos como: antibiosis, competencia, resistencia sistémica, parasitismo y secreción de enzimas. Algunos microorganismos biocontroladores son *P. fluorescens*, *T. virens* y *Agrobacterium*. (Ferrera y Alarcón 2007)

Hongos que dañan la raíz

Seta de la pudrición radical, el agente causal es el *Citocybe tabescens* y afecta a muchas especies de árboles y puede vivir como saprófito en la madera de troncos y raíces de árboles muertos; los síntomas son declinación general y una lenta marchitez. Una estera blanco-verdosa de micelio se puede encontrar en las raíces y estructuras de setas que ocasionalmente se forman en la base las plantas. El hongo no ataca el suelo alcalino ni en áreas de pino si ésta no contiene robles. (Mata et al. 2000)

La Marchitez es originada por varios géneros y especies reportados que atacan al sistema radical. *Fusarium solana* y *Macrophomina phaseoli*, esta última ataca al sistema radical mientras que la primera infecta la vegetación sobre el suelo y la región superior del sistema radical. Otra enfermedad más grave que no se ha podido controlar es causada por *Fusarium oxysporium*. Es recomendado eliminar todo el árbol cuando empieza la enfermedad. (Mata et al. 2000)

Hongos que dañan la estructura del árbol

El patógeno *Botryosphaeria ribis*, es el responsable de la quebradura en la corteza, semejante a un parche de tejido rugoso muerto donde se pueden observar estructuras de hongos negros en las áreas de lesión. (Mata et al. 2000)

El tizón del hielo es originado por *Pellicularia Koleroga*, que produce una especie de cuerdas cafés sobre las hojas y ramas. (Mata et al. 2000)

La pudrición por herida es provocada por *Polyporus versicolor*, es un hongo macroscópico con semidiscos protuberantes. Los esporóforos se encuentran, generalmente, en la base del tallo. (Mata et al. 2000)

La Marchitez por *Myxosporium*, es una enfermedad muy destructora registrada en Taiwán. La origina el hongo *Myxosporium psidii* Sawada y Kurosawa. Los primeros síntomas aparecen en la punta de los árboles. En infección aguda, las hojas de las puntas decaen y las puntas se arrugan en una o pocas ramas, simultáneamente. Después de 3 o 4 semanas, la planta se marchita y muere, algunas hojas y frutos

momificados pueden permanecer pegados a las ramas. Cuando la infección es crónica, los brotes dejan de crecer y algunas hojas gradualmente se tornan pálidas, cayendo una por una a partir de la base consecutiva a esto sigue el decaimiento del fruto, marchites de ramas o ramillas y muerte final de todo el árbol. También se ha observado que el hongo invade el xilema de tallo y raíces. (Mata *et al.* 2000)

Hongos que dañan la hoja.

Hay reportes de estas enfermedades en Hawai que a continuación se describen. El moho oscuro, causado por *Alternaria psidii* o *Meliola psidii*, se presenta oscurecimiento superficial que cubre las hojas. Estos hongos crecen sobre las excreciones azucaradas de insectos, áfido, escamas, etc. no parásita en la planta. El control de los insectos elimina al hongo. (Mata *et al.* 2000)

El Moteado de las hojas se origina por *Cercospora psidii*, presentando como manchas circulares en el centro gris. Produce cuerpos fructíferos y se puede mantener bajo control con el uso adecuado de funguicidas a base de cobre.

El Tizón, su agente causal es *Puccinia psidii*, se presenta en la superficie de las hojas como una mancha café amarillenta que parece un volcán en miniatura. Las esporas del hongo son polvorientas y se desprenden de las manchas de lesión. (Mata *et al.* 2000).

Hongos que dañan el fruto

Son presenciado los daños primero en las huertas y llegan ha ser muy graves después de la cosecha.

La Pudrición del pedúnculo es causada por el hongo *Botryodiplodia sp.*, iniciando su infección en el campo. Se inicia la pudrición en el pedúnculo extendiéndose uniformemente, al principio como un pequeño círculo café que se vuelve más oscuro cuando la enfermedad avanza más hasta que ablanda completamente el fruto, dándole un olor rancio y desagradable. (Mata *et al.* 2000). La pudrición de pedúnculo final es originada por *Poma sp.* y se encuentra en regiones con alta precipitación. El área que circunda al pedúnculo del fruto tornándose café ligero hasta negro donde se localizan las estructuras negras de fructificación. El control puede realizarse mediante aspersiones periódicas con caldo bordelés o algunos otros funguicidas, como Benlate o Thiabendazole. (Mata *et al.* 2000)

Pudrición de la corona, el agente causal es el hongo *Dothiorella sp.*, la pudrición se inicia en la corona como una pequeña mancha café que se vuelve más oscura cuando avanza la enfermedad. El tejido se pone blando y la pulpa presenta un olor desagradable.

El Clavo, su organismo causal es *Pestalotia sp.*, pero puede ocasionar una infección múltiple *Cytosporina sp.*, cuando el fruto maduro ya ha sido infectado con *Pestalotia sp.*, los síntomas característicos son el desarrollo de manchas o costras y la malformación de frutos jóvenes, tienen aspecto de pústulas negras, se reproducen en gran número y en casos severos provocan la apertura del fruto y la exhibición de semillas. Si el fruto es infectado durante su evolución éste no alcanza a desarrollarse, se momifica y se cae. Si el fruto concluye su desarrollo, presentarían manchas negras, lo que obliga a ser eliminadas para el mercado. Con aplicaciones esporádicas de funguicidas, se detiene la infección. (Mata et al. 2000).

La Glomerella, es ocasionada por *Glomerella cingunata*, en Puerto Rico se considera como la enfermedad que más daños ocasiona en el fruto de guayaba. Su parasitismo origina la momificación, el ennegrecimiento de los frutos en vías de desarrollo y la pudrición de los ya maduros. Se caracteriza por el cambio de color del fruto de amarillo, a amarillo y oscuro, después y finalmente oscuro total. Su ataque es favorecido en frutos perforados por insectos o pájaros o por resquebraduras aparecidas después de las lluvias fuertes (Mata et al. 2000). La *Glomerella cingunata* es el telemorfo de *Colletotrichum gloeosporioides*, el agente causal de la antracnosis.

***Colletotrichum gloeosporioides* CAUSANTE DE ANTRACNOSIS.**

GENERO COLLETOTRICHUM.

Colletotrichum. se encuentra en la naturaleza en su estado asexual (o fase conidial), produce unas estructuras en forma de disco, con un diámetro de 300 mieras, en forma subepidermal en la lesión llamados acérvulos; estos cuerpos presentan varias espinas o setas con cuatro a nueve mieras de diámetro y menos de 100 mieras de longitud, los cuales están ubicados al borde o entre la masa de conidióforos simples y alargados; las conidias son hialinas, unicelulares y de forma ovoide; estas conidias tienen una vacuola cerca del centro y miden 2.5 a 5.5 por 11 a 20 mieras. Bajo ciertas condiciones ambientales las setas pueden no presentarse; si se presentan, esta

característica puede servir para diferenciarlo de otro género bastante similar, conocido como *Gloeosporium* (Bailey y Jeger, 1992).

El género *Colletotrichum* reside su importancia en las 1000 especies que causan Antracnosis. Presentan conidios alongados, hialinos, aseptados, a menudo se observan cerdas o setas de color café lisas y septadas en los acérvulos. Cabe mencionar que algunos autores separan el género *Gloeosporium*, con acérvulos desprovistos de cerdas, del género *Colletotrichum* pero como esta característica es variable, sobre todo en cultivo, hay tendencias a considerar ambos *Colletotrichum*. Su apresorio es característico de esta especie, son de color café generalmente, pueden ser de borde entero, arenado o irregular y simple o con germinación múltiple para producir columnas complejas de varios apresorios conectados. Los acérvulos son estructuras distintivas que pueden desarrollar debajo de la cutícula o de la epidermis del hospedante, pero eventualmente se vuelven eruptivas al madurar y liberar los conidios embebidos en gotas de mucílagos que pueden presentar distintas coloraciones. (Herrera y Ulloa 1998)

Las especies de *Colletotrichum* sp. causantes de la Antracnosis en diversos cultivos, exhiben dos fases principales de nutrición, durante la colonización de la planta; la fase inicial biotrófica en la cual se obtienen los alimentos de las células vivas huésped, y la segunda fase tardía necrotrófica donde los alimentos se obtienen de las células hospederas muertas a causa del ataque del patógeno (Bailey et al 1992).

El hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) causa la enfermedad denominada Antracnosis en una extraordinaria variedad de frutas templadas, subtropicales y tropicales del mundo. (Freeman et al 1996,) Los síntomas son muy diversos y varían según el huésped afectado y de acuerdo al órgano o tejido atacado teniendo un efecto devastador a nivel de inflorescencias y frutos. (Bailey y Jeger 1992)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

La clasificación del género *Colletotrichum* es la siguiente:

La clase pertenece a *Coelomycetes* del orden *Melanconiales*, familia *Melanconiaceae*, género *Colletotrichum* y especie corresponde a *gloeosporioides*. (Herrera y Ulloa 1998, Ulloa y Hanlin 1978)

El *C. gloeosporioides*, no es sólo un patógeno presente en la post cosecha del aguacate, sino que en el desarrollo del mismo en las huertas esta presente de manera significativa. Las infecciones permanecen inmóviles hasta que la fruta madura y causa el desarrollo de síntomas y pérdidas sustanciales en el Almacenamiento y comercialización. Causa pérdidas en hurtos de almendras (Freeman *et al* 1996)

Se caracteriza por presentar conidias hialinas (7-20 x 2.5-5 μ m), unicelulares, de forma ovoide u oblonga, ubicadas en una estructura reproductiva llamada acérvulo (500 μ m de diámetro). Estos cuerpos son en forma de disco, cerosos, subepidermales. Además de conidióforos y conidias, presentan setas en el borde del acérvulo o entre conidióforos, aunque a veces están ausentes. La identificación ha sido estudiada por sus características morfológicas, culturales, especialmente características conidiales, presencia de setas, esclerocios y forma de los apresorios. Las conidias pueden ser cilíndricas o elípticas. El hongo crece con facilidad en papa dextrosa agar (PDA), inicialmente la colonia es cremosa y de color salmón, emitiendo un micelio blanco en sus bordes que con el tiempo se torna grisáceo. Su desarrollo completo se alcanza en 15 días a una temperatura de 25°C (Bailey y Jeger, 1992).

Es importante señalar que el *C. gloeosporioides* es el estado imperfecto de *Glomerella cingunata* (Finch y Finch 1974, Gaztambide 2005, Yakobi *et al* 2000)

Es claro el descubrimiento del ácido Indol-3-acético AIA en plantas y recientemente la actividad de éste ácido en hongos, se descubrieron compuestos de Indol-3-acetamida e Indol-3-piruvico de rutas ácidas en filtrados de cultivos de *C. gloeosporioides* indicando al triptofano como precursor de estas sustancias. Puede ser que el AIA este involucrado en la patogenicidad dado que en *Pseudomonas*, *Erwinia* y *Agrobacterium* se han roto los genes encargados de la biosíntesis y ha reducido severamente la patogenicidad. (Robinson *et al* 1998)

CICLO DE VIDA

El hongo se encuentra latente en frutos inmaduros en estado de apresorio, más tarde éste emite su punta infectiva que permanece subcuticularmente hasta que el fruto empieza a madurar o ablandarse, es cuando coloniza el exocarpio y mesocarpio. (Zamora *et al* 2001). Se reproduce profusamente, forma una masa rosada en acérvulo, consta de una estoma micelar en forma de cojín, formado inmediatamente por debajo de la cutícula de la planta, la cual se rompe al ejercer cierta presión hacia la parte superior de la masa de conidióforos. En condiciones secas, los conidios se mantienen

unidos en una masa seca y firme, en condiciones húmedas se liberan en una masa rosa. Se diseminan sólo cuando el acérvulo está húmedo por la lluvia, y los transporta el viento, o al entrar en contacto con insectos, otros animales, herramientas, etc.,. Los conidios sólo germinan con agua, después producen un órgano apresorio y una clavija de penetración y se introduce a los tejidos. Al comienzo, las hifas crecen intra y extracelularmente produciendo poca o ninguna coloración visible. (Botero *et al* 1999).

FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DEL *C. gloeosporioides*.

Es multifactorial el desarrollo del *C. gloeosporioides*, pero los podríamos manejar como extrínsecos, los que se relacionan con el medio ambiente e intrínsecos lo que están vinculados con la planta o el fruto que parasitan.

En huertas con mayor saturación de agua, la enfermedad se presenta con mayor severidad y no tiene efecto el tratamiento químico administrado en comparación con huertas que no tuvieron esa saturación de agua, donde sí fue efectivo. (Mora *et al* 1996). Por lo anterior, podemos decir que el agua (**lluvias**) es el principal diseminador de conidios, estas se desarrollan con la ayuda de mucílago hidrofílico en el que se forman y son arrastrados de las partes vegetativas hasta los órganos florales y frutos. Se requieren por lo menos 4 horas de humedad para desarrollar la enfermedad, las lluvias de 2mm son suficientes para dispersar las conidios. Debe existir una Humedad Relativa mayor a 95% para que germinen las esporas, se forme el apresorio y se disemine. (Botero *et al* 1999).

El estado latente de infección se debe también a la presencia de **compuestos antifúngicos preformados** que inhiben la colonización temprana del fruto como: 1-acetoxi-2-hidroxi-4-oxo-heneicosano-12, 15 dieno y el 1-acetoxi-2,4-dihidroxi-n-heptadecano-16-eno, en frutos en maduración estos compuestos disminuyen por aumento de la actividad de la enzima lipoxigenasa (Zamora *et al* 2001)

El **pH** puede afectar una serie de procesos reguladores de los hongos y levaduras. El fruto de aguacate no es colonizado cuando el pH del pericarpio es más bajo que 5.8, sin embargo, cuando es inoculado con *C. gloeosporioides* en mesocarpio o tejido del pericarpio de frutas maduras con niveles de pH más altos de 5.8, los síntomas de decaimiento se hacen presentes, esto se da porque el pH afecta la secreción de Pectato Liasa (**PL**). (Yakoby, *et al*, 2000)

Por último, y de manera separada están los factores relacionados directamente con la patogenicidad del *C. gloeosporioides*:

La señalización de la superficie del hospedero juega un papel de suma importancia para que se de la infección, dado que los rasgos topográficos de la superficie de la planta y químicos en la superficie pueden activar la germinación de las esporas y la formación del apresorio. Si los signos de la superficie de la planta se perciben como favorables por el hongo, las conidias entran a la cutícula formando un tubo germinativo y demás estructuras de penetración. (Kolaitukudy *et al* 1995)

Las ceras que recubren la superficie de los frutos, en específico, del aguacate, estimulan la germinación de conidias y la formación del apresorio. Estos fragmentos de ácidos grasos y el componente de las ceras más polar producen también algún estímulo en la formación del apresorio. Debe existir un contacto de las conidias con la superficie dura del fruto del aguacate y posterior a las dos horas ya hay eventos moleculares activados por este contacto. Se han aislado dos genes en esta fase de contacto, pero al hacer ruptura de ellos no tiene efecto directo con la formación del apresorio. Otros signos químicos como la producción de la hormona de maduración, el etileno, habilitan la formación del apresorio, que es finalmente la estructura infectiva del *C. gloeosporioides*, cronometrando así la infección con la maduración del fruto. (Flaishman y Kolattukudy 1994, Kolaitukudy *et al* 1995, Krishna *et al* 1993, Yeon-Ki *et al* 2000) La cáscara de aguacate, se sabe que también contiene inhibidores de la formación del apresorio que desaparecen cuando la fruta madura. (Krishna *et al* 1993, Yeon-Ki *et al* 2000).

FACTORES DE VIRULENCIA.

Algunas características descritas como factores de virulencia para el género *Colletotrichum* como:

La masa del micelio producido.

La esporulación.

La actividad de la poligalacturonasa. (Ceron, *et al*, 2006)

Las manchas oscuras que se encuentran comúnmente en los frutos que presentan daño por Antracnosis se debe a la oxidación de polifenoles depositados en las paredes celulares de las células muertas y espacios intercelulares. Esta actividad es medida a través de la prueba de reacción nitrosa que determina la actividad de la enzima polifenol oxidasa (PPO) mediante la reacción de catecol. (Zamora *et al* 2001)

VARIABILIDAD GENÉTICA.

En años recientes se ha trabajado para determinar la complejidad genética del *C. gloeosporioides* aislado de frutas subtropicales y tropicales. Una variedad de acercamientos moleculares, dado que el criterio morfotaxonómico no es lo suficiente exacto para diferenciar entre especies. (Freeman *et al* 1996)

El aislamiento obtenido de aguacate y almendra ha sido comparado utilizando cuatro métodos moleculares independientes: 1, la amplificación del ap-PCR de genoma del ADN, 2, A1T-rich- Modelos de ADN generados por digestión de *HAeIII* asociados con el genoma mitocondrial, 3, modelos del ADN nuclear identificados por *GcpRI* del elemento repetitivo y 4, compendio de la restricción del análisis de rADN por PCR amplificado. (Freeman *et al* 1996).

Para identificar una especie de otra se utilizan técnicas moleculares como amplificación en cadenas de polimerasas PCR, regiones internas TSI (Internal Transcribed Spacer) del ADN ribosomal. Para separar *C. gloeosporioides* de *C. fragariae*, se utiliza la morfología colonial, tamaño de conidias, setas y la presencia o ausencia de la fase sexual. (Villanueva *et al* 2005).

También se pueden utilizar técnicas moleculares como alternativa complementaria para la identificación de las especies de *Colletotrichum* y para diferenciar entre aislados. El método de reacción en cadena de polimerasa (PCR) se utiliza para amplificar fragmentos de ADN. Mediante este método, con el uso del ADN, iniciadores o *primers* y enzimas de replicación (polimerasas de ADN) se generan copias de regiones específicas de la cadena de ADN. Las regiones *internal transcribed spacer* (ITS) y regiones intergénicas del rRNA nuclear, repiten unidades que evolucionan rápido y varían entre especies de un género. De esas regiones se han desarrollado *primers* que se utilizan durante el PCR para obtener muchas copias de estas regiones. Los patrones de bandas obtenidos de la electroforesis de ADN, mediante el método de polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (RFLP), estable diferencias entre organismos. El método de RFLP ha demostrado ser útil para agrupar los aislados de *Colletotrichum*. Los análisis directos de las secuencias de nucleótidos del ADN son útiles para establecer relaciones entre especies y complejos de especies de *Colletotrichum* (Gaztambide 2005)

En los últimos años se han reportado especies del género *Colletotrichum* infecciones humanas. Algunas especies señaladas son *C. coccodes*, *C. crassipes*, *C. denatum*, *C. graminicola* y *C. gloeosporioides*. (Cano et al., 2004) Este último *Colletotrichum gloeosporioides* a complex form genus of the form class Coelomycetes, asexual fungi producing conidia within fruit bodies, named conidiomata. These structures are spherical (pycnidia), with conidiogenous cells lining the inner cavity wall, or are cup-shaped (acervuli), in which case, the conidiogenous cells form a palisade on the surface of the conidiomata. This genus comprises several hundred species, mostly plant pathogens, which have been described mainly on the basis of their conidial morphology and the presence or absence of setae. The genus *Colletotrichum* was monographed by von Arx, and only a restricted number of species was accepted. Although only rarely pathogenic to humans, *Colletotrichum* spp. have been reported as almost exclusively causing keratitis, usually after an eye injury. In this report, we describe a diabetic man with a history of trauma who developed a subcutaneous infection caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. (Guarro et al 1998)

MECANISMOS DE CONTROL DE LA ANTRACNOSIS POR *C. gloeosporioides*.



Fig. 16. Fruto de guayabo con lesiones de Antracnosis.

La utilización de tratamientos donde se incluya al clorotalonil han mostrado eficacia para combatir el *C. gloeosporioides* en frutos de camu camu. La alta incidencia de esta enfermedad nos indica que el control químico con fungicidas manejados aisladamente y la aplicación heterogénea de los mismos, no resulta una medida eficiente para el control de la Antracnosis. (Pérez et al 2006). El manejo de la enfermedad se basa en el tratamiento químico de Thiabendazo, Benomyl, Carbendazym, Thiophanatos y Dithane, aplicadas periódicamente, sin embargo representan un gran impacto tanto económico como ambiental. (Botero et al 1999) El impacto económico y ambiental es grande, ya que se ha abusado en la aplicación de químicos originando una resistencia por parte del patógeno (Bailey y Jeger, 1992).

Los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Trichoderma* han sido involucrados en los estudios de control biológico frente a *C. gloeosporioides* (Bailey y Jeger, 1992).

III. OBJETIVO GENERAL.

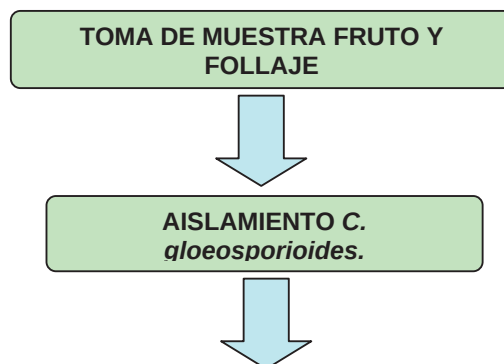
AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DEL HONGO *Colletotrichum gloeosporioides*
 EN CULTIVAR DE GUAYABA (*Psidium guajava*).

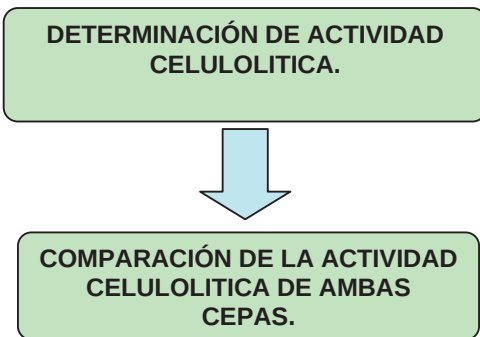
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 1.- ESTANDARIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE AISLAMIENTO DEL *Colletotrichum gloeosporioides* EN FRUTO DE GUAYABA.
- 2.- ESTANDARIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE AISLAMIENTO DEL *Colletotrichum gloeosporioides* EN FOLLAJE DEL GUAYABO.
- 3.- DETERMINAR LA CAPACIDAD CELULOLÍTICA DEL *Colletotrichum gloeosporioides* DE CEPA AISLADA DE FRUTO Y FOLLAJE.
- 4.- COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD CELULOLÍTICA DE LAS DOS CEPAS.

V. MATERIALES Y MÉTODOS.

El procedimiento general se muestra en el siguiente diagrama:





EQUIPO Y MATERIAL.

MATERIAL

CAJAS PETRI
 PUNTAS PARA PIPETAS DE 1 mL.
 TIRAS P/ pH.
 CINTA TESTIGO.
 ALGODÓN.
 CUBRE BOCAS.
 PAPEL ABSORBENTE.
 PAPEL ALUMINIO.
 PAPEL DESTRASA
 GASAS
 BISTURÍ
 HOJAS DE BISTURÍ
 PINZAS
 PIPETAS 1 ml
 PIPETAS 500 µL.
 PORTA OBJETOS.
 CUBRE OBJETOS.
 MATRACEZ ENLENMEYER 250 ml
 MATRAZ VOLUMÉTRICO 100 ml.
 MATRAZ VOLUMÉTRICO 50 ml.
 ASAS MICOLÓGICAS

MEDIOS DE CULTIVO

AGAR PAPA Y DEXTROSA (APD) BIOXON.
 *MEDIO MÍNIMO (MM).

EQUIPO

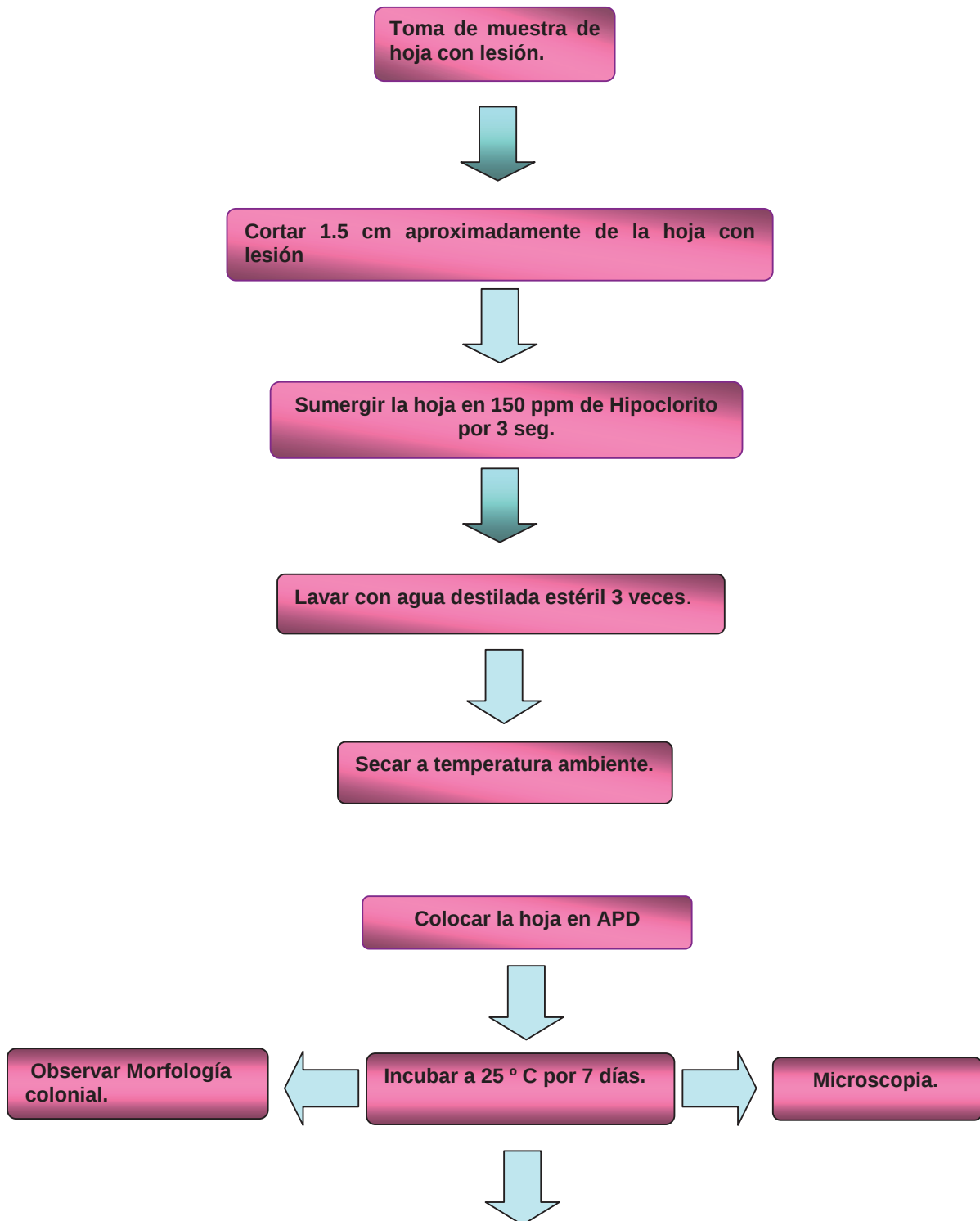
INCUBADORA Desego E-33
 MICROSCOPIO LEICA CME.
 BALANZA ANALÍTICA SARTORIUS BL 120 S
 TERMÓMETRO
 TERMÓMETRO / HUMEDAD
 POTENCIOMETRO CORING PINNADE 530
 ESPECTOFOTÓMETRO BIO RAD SmartSpec Plus

REACTIVOS

1 Lt DE CLORO (CLORALEX)
 ACEITE DE INMERSIÓN.
 PENPROCILINA 800 000 UI. INYECTABLE.
 AGUA DESTILADA.
 AGUA DESTILADA ESTÉRIL.
 COLORANTE AZUL DE LACTOFENOL.
 ÁCIDO TARTÁRICO AL 1%
 ALCOHOL ETÍLICO.
 HIPOCLORITO AL 2%.
 FENOL AL 3%.
 CARBOXIMETILCELULOSA.
 SOLUCION DE BUFFER.
 ACETATO DE SODIO.
 *REACTIVOS PARA MM.
 GLUCOSA
 FOSFATO DE POTASIO
 NITRATO DE AMONIO
 SOLUCION DE SALES:
 SULFATO DE Mg, Zn, Fe, Mn, y Cu.

TOMA DE MUESTRA.

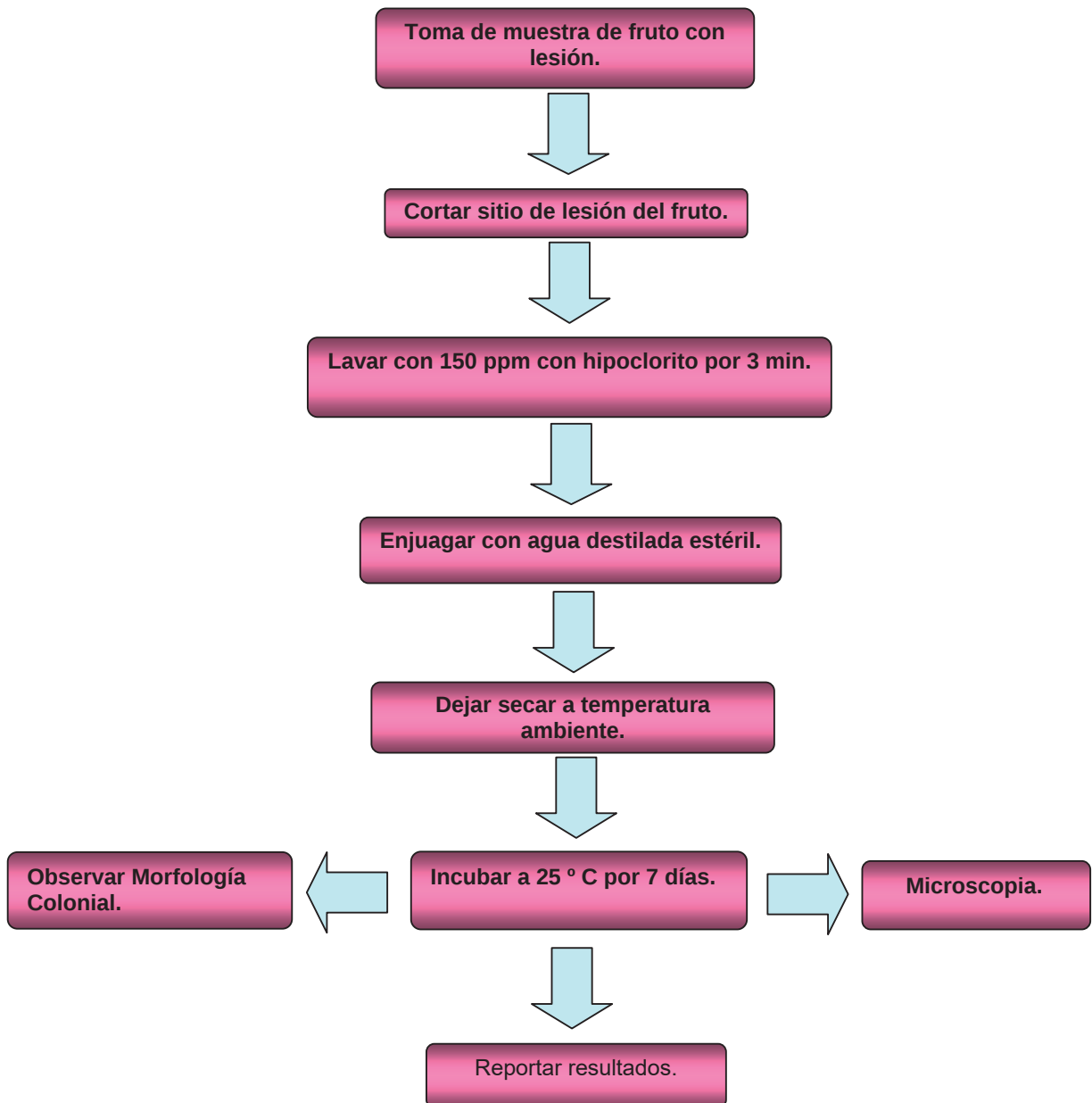
DIAGRAMA DE AISLAMIENTO DEL HONGO *Colletotrichum gloeosporioides* EN FOLLAJE DE GUAYABO.



Reportar resultados.

El procedimiento para el aislamiento del *C. gloeosporioides* en fruto de guayaba se muestra en el siguiente diagrama:

DIAGRAMA DE AISLAMIENTO DEL HONGO *Colletotrichum gloeosporioides* EN FRUTO DE GUAYABA (*Psidium guajava*).



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

DESCRIPCION MICROSCOPICA.

El genero *Colletotrichum* presenta conidias hialinas, unicelulares y de forma ovoide; estas conidias tienen una vacuola cerca del centro. Bajo ciertas condiciones ambientales las setas presenta acérvulos en forma de disco o almohadilla, cerosos, subepidermales, típicamente color salmón, setas en el

La temperatura base de crecimiento in vitro de *Colletotrichum gloesporioides* fue de 6°C. A 25°C los cultivos llegaron a su máximo crecimiento en el menor tiempo que fue de 12 días alcanzo en mayor diámetro en la caja de petri.

El desarrollo in vitro de *C. gloesporioides* de 6 – 25 °C explica porque este hongo se encuentra presenta en la mayoría de las huertas ubicadas en las diferentes áreas de la zona productora de Guayabas del Estado de Michoacán, esto podría explicar la capacidad que manifiesta el hongo para crecer y sobrevivir en una amplia variación de temperatura lo que explica porque la enfermedad es endémica del estado de Michoacán.

Los conidios de *Colletotrichum gloesporioides* constituyen la forma de inóculos más importante para la antracnosis, los cuales se encuentran con mucha frecuencia en hojas y frutos que las ascosporas de *Glomerella cingulata* la cual también se vincula a la enfermedad de la antracnosis. Los conidios presentes en el fruto son diseminados por agua de lluvia, viento y algunos insectos como la mosca de la fruta, debido a que *Colletotrichum gloesporioides* forma una masa de esporas con consistencia mucilaginosa, lo cual es el medio más común para la diseminación del hongo.

El crecimiento reportado de las muestras de fruto incubadas en APD a las 72 horas es el siguiente:

Fruto 1	s/c
	s/c
	s/c
Fruto 2	Mínimo micelio color salmón cremoso.
	Ligero crecimiento de micelio color verde algodonoso sobre el corte del fruto.
	s/c
Fruto 3	Levaduriforme alrededor del corte del fruto con 3 mm de ancho.
	Micelio gris-negro con halo rosado.
	Crecimiento salmón alrededor del corte del fruto y micelio blanco algodonoso sobre éste.
Fruto 4	Levaduriforme beige por toda la placa.
	Crecimiento levaduriforme circular con un ancho de 10mm

	Mínimo crecimiento salmón algodonoso.
Fruto 5	Micelio salmón levaduriforme alrededor del corte de 2mm y sobre éste micelio blanco.
	Doble corte del fruto sobre la placa, ambos con micelio algodonoso salmón.
	Crecimiento miceliar verdoso rodeado de micelio salmón.
Fruto 6	Ligero crecimiento salmón algodonoso de 1mm de ancho.
	s/c
	Mínimo crecimiento salmón.
Fruto 7	s/c
	s/c
	Mínimo crecimiento salmón.
Fruto 8	s/c
	Mínimo crecimiento color salmón.
	Mínimo crecimiento color salmón sobre el corte del fruto.
Fruto 9	Crecimiento levaduriforme alrededor del corte beige.
	Levaduriforme ligeramente salmón de 3 mm de ancho.
	Micelio salmón alrededor del corte del fruto.
Fruto 10	s/c
	Mínimo crecimiento salmón.
	Micelio algodonoso verde sobre el corte del fruto.

Tab. 3. Reporte del crecimiento fúngico aislado a partir del fruto de guayaba.

El crecimiento que se observó en las placas de APD a las 72 horas con cortes de hojas infectados fue el siguiente:

Hoja 1	s/c
	s/c
	Ligero crecimiento salmón.
Hoja 2	s/c
	s/c
	Crecimiento levaduriforme salmón de 4mm de ancho
Hoja 3	Micelios salmón y verde oscuro con 3 colonias de contaminación.
	Micelio blanco algodonoso alrededor del corte.
	Colonia gris-verdosa con halo salmón algodonoso.
Hoja 4	Micelio algodonoso salmón con verde.
	Crecimiento levaduriforme salmón con 3mm de ancho.
	Salmón algodonoso 4mm de ancho.
Hoja 5	Levaduriforme salmón de 3mm de ancho.
	s/c
	s/c
Hoja 6	s/c
	Crecimiento mínimo levaduriforme salmón.

	Crecimiento mínimo levaduriforme salmón.
Hoja 7	Micelio salmón algodonoso 1.4cm de ancho.
	Micelio salmón claro 1cm de ancho.
	Ligero crecimiento levaduriforme salmón 3mm de ancho.
Hoja 8	Micelio algodonoso color blanco-salmón con halo gris.
	Crecimiento algodonoso color naranja casi en toda la placa.
	Crecimiento salmón verdoso mínimo.
Hoja 9	s/c
	Crecimiento salmón-verde oscuro algodonoso.
	Micelio blanco algodonoso.
Hoja 10	Micelio blanco-rosa algodonoso
	Mínimo crecimiento levaduriforme salmón.
	Levaduriforme salmón sobre el corte de la hoja.

Tab. 4. Reporte del crecimiento fúngico aislado a partir del follaje del cultivo de guayaba.

Se aisló el *Colletotrichum gloeosporioides* proveniente del corte de una hoja árbol de guayaba con síntomas claros de Antracnosis antes ya descritos, con morfología colonial característica, esto es un micelio algodonoso color salmón a los 7 días de incubación bajo condiciones ya mencionadas.

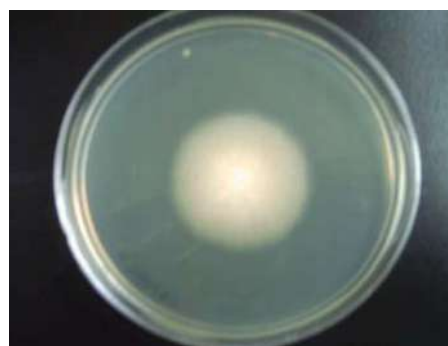


Fig. 18. Crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* en APD.

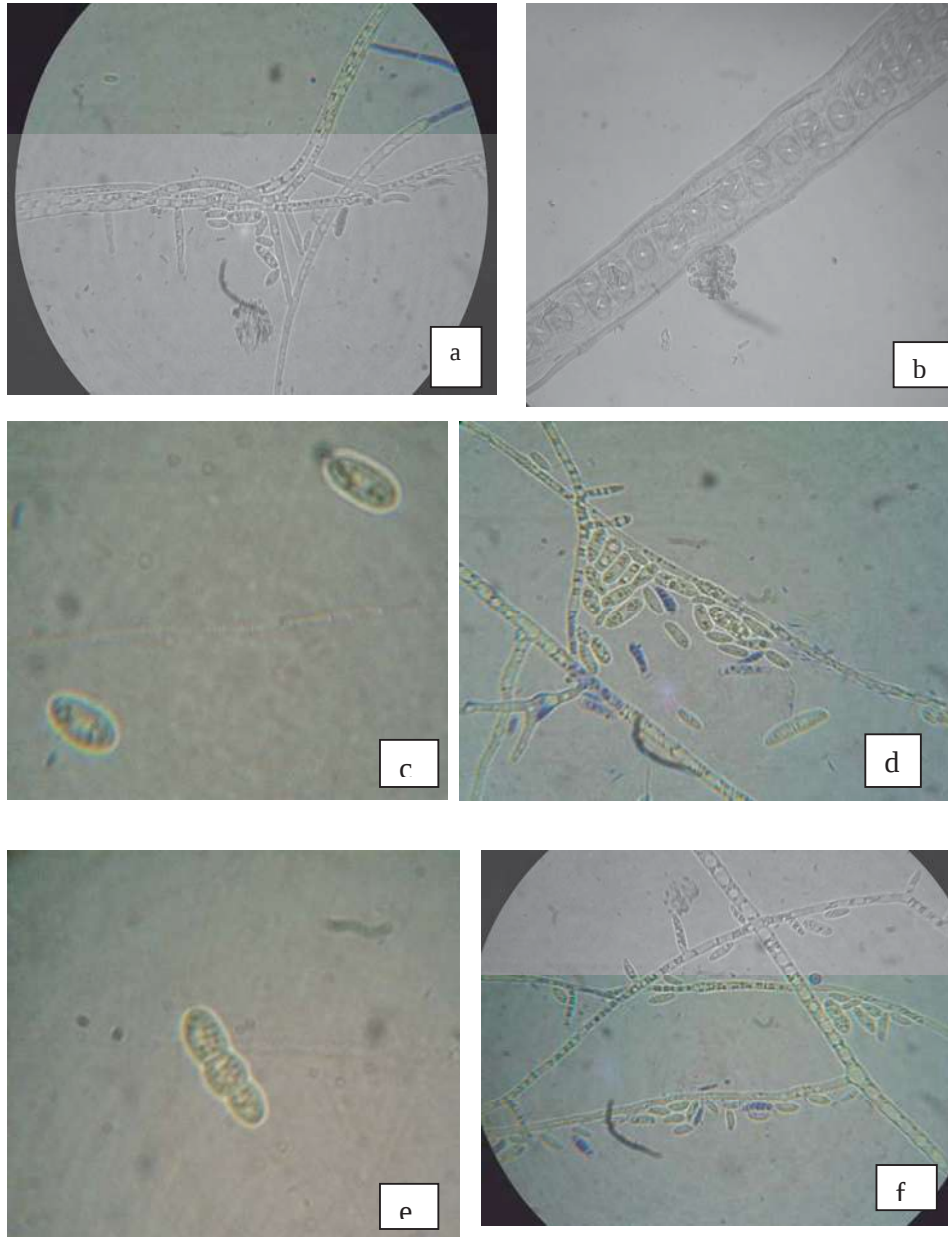


Fig. 19. Microscopia de *Colletotrichum gloeosporioides*. **a, d y f.** Hifas hialinas con conidios. **b.** Hifa unitaria con cuerpos intercelulares. **c y d,** conidias hialinas ovoides.

CONCLUSIONES.

- Los factores climáticos que influyen directamente en la liberación y dispersión de esporas y por lo tanto la severidad de la antracnosis por *Colletotrichum gloesporioides*, son: la lluvia, la temperatura y la humedad relativa elevada de ahí que las lluvias son un factor importante para que se presente esta patología en frutos de guayaba.
- Por el grado de incidencia y severidad, la antracnosis es una de las enfermedades más importantes del cultivo de la Guayaba en Michoacán, debido a que puede atacar al fruto en cualquier etapa de crecimiento, en cosecha y poscosecha.

ANEXOS.

ANEXO 1.

En la corteza de troncos y ramas del **árbol** existen felógenos de diversos colores de verde a café rojizo oscuro, formando escamas de corcho.

La corteza se emplea como remedio para la disentería, se cree que su jugo cura heridas y úlceras y que su infusión dolor de muelas.



Fig. 20. Árbol de guayabo en producción perteneciente a las huertas de Zitácuaro, Mich.

De su corteza fresca se han aislado ácido ellágico y otros ácidos (que pueden ser hexahidroxidifénicos) en bajas concentraciones y grandes cantidades de amritosida y leucocyanidina; los taninos se encuentran en un 30% en corteza. (Mata *et al.* 2000)

Las **Flores** marcan el final del crecimiento del pedúnculo o tallo sobre el que nace la flor, ya que la floración resulta de una modificación del meristemo terminal. (Bidwell 1979) Son hermafroditas y pediceladas que nacen de manera solitaria o hasta grupos de 3 en las axilas de las hojas que se encuentran en los crecimientos del año, rara vez son terminales.



Fig. 21. Flor del guayabo.

El pedicelo de 2 a 4 cm de largo, es redondeado de color verde amarillento. El tubo del cáliz que no se produce más allá del ovario, es turbinado y algunas veces ovoide, los estambres son numerosos y con mucho polen. (Mata *et al.* 2000)

Las **Semillas** contienen el embrión, en uno de sus extremos, la radícula que formará la raíz de la planta. Sus procesos metabólicos están suspendidos debido a la carencia de agua y oxígeno. Tienen tejidos de reserva y se rodean por una cubierta esencialmente impermeable. (Bidwell 1979) En la guayaba son pequeñas, triangulares, reniformes, comprimidas, de color blanco, amarillo claro o café

amarillento. Contienen 80% de Hierro, por lo que no es utilizable este elemento. (Mata *et al.* 2000). Sin embargo, la harina de semillas de guayaba presentan proteínas de reserva, principalmente: globulinas, prolaminas y glutelinas y las S-12 de albúminas contenidas entre 22 % y 17.5 % de proteína, lo que significa que este subproducto se puede emplear como alimento. (Soria *et al.*, 2005). El 9.4% del peso seco de la semilla corresponde a grasa. Dentro de este porcentaje, el 79.1% es ácido linoleico, 7.8% de oleico y 3.4% de esteárico. (Mata *et al.* 2000)

Su **Raíz** es abundante, destacada por su poder de anclaje y de succión. El sistema radical es muy superficial pero es compensado con la extensión y el número de raíces, el cual supera la proyección de la copa del árbol. La inhibición que ha demostrado la raíz respecto a la elongación y la germinación de plantas y semillas de lechuga (*Lactuca savita*) es muy significativa, esto se puede deber a sustancias fenólicas y terpenoides. Dentro de su Composición Química se encuentra una cantidad considerable de gallotaninos, mientras que el contenido de taninos es baja. (Mata *et al.* 2000)

ANEXO 2.

PLAGAS.

Nemátodos.

Si los nemátodos existen en el suelo, disponen de un hospedero durable y de raíces como fuente alimenticia, la población aumenta o disminuye hasta que se destruye o queda en más estado el sistema radical.



Fig. 22. Raíces de papa. A) Lesión reticular marrón por *Pratylenchus* spp. B) Raíz sana.

Sin embargo, por mecanismos especiales pueden sobrevivir mucho tiempo en el suelo y tan pronto como tienen el hospedante, se reactivan y multiplican nuevamente. Los géneros más importantes son: *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Meloidogyne*. Los dos primeros producen fuertes necrosis en las raíces, pues llegan a dañar todo el sistema radical.

La importancia del género *Meloidogyne* radica en sus daños en la distribución, pues se encuentra en todo el mundo y sus especies disminuyen los rendimientos de las plantas cultivadas, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. (Mata *et al.* 2000).

Insectos.

Los insectos más perjudiciales son las **moscas de fruta** que pertenecen a los géneros: *Ceratitis*, *Dacus*, *Anastrepha*, *Rhagoletis* y *Toxotrypana*.



Fig. 23. *Anastrepha fraterculus*

Se muestran en la siguiente tabla:

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN.
<i>Ceratitis capitata</i>	Mosca de Mediterraneo
<i>Dacus dorsalis</i>	Mosca oriental o mosca del mango
<i>Dacus cucurbitae</i>	Mosca del melón
<i>Dacus liversus</i>	
<i>Dacus zonatus</i>	Mosca del durazno
<i>Anastrepha fraterculus</i>	Mosca de la guayaba
<i>Anastrepha suspensa</i>	Mosca de la fruta sudamericana
<i>Anastrepha ludens</i>	Mosca caribeña
<i>Anastrepha mombinpraeoptans</i>	Mosca mexicana.
<i>Anastrepha serpentina</i>	
<i>Anastrephaocresia</i>	
<i>Pterandrus rosa</i>	
<i>Chaetodacus sp.</i>	

Tab. 5. Nombres científicos y comunes de las moscas que perjudican cultivos frutales.

En nuestro país se encuentran *Anastrepha fraterculus*, *A. lathana*, *A. ludens* y *Astriata*.

Los **picudos o gorgojos** se encuentran dos especies del género *Conotrachelus*. (Mata *et al.* 2000). Picudo de la guayaba (*Conotrachelus psidii* Marshal). Causa daños con las picaduras que genera en el fruto, además de ovoparasitar. Manejo integrado del picudo de la guayaba. Lo cual indica que el entomopatógeno también puede ser utilizado como bioinsecticida ya que superó el 80 % de mortalidad. Presenta buenas posibilidades para ser utilizado como bioinsecticida promisorio para el control de picudo por presentar buena capacidad de patogenización.

La **mosca blanca** es un insecto chupador pertenece al orden homóptera y a la familia *Aleyrochdae*. Succiona el jugo celular de la hoja por lo que debilita el árbol. (Mata *et al.* 2000).

Los **Trips**, se clasifican dentro del orden *Thisanoptera* y la familia *Thiripidae*. Dañan hojas y frutos, causan un plateado en las hojas y escarificación en el fruto. Evidencia de trips es la presencia de puntos negros de excremento en las hojas o en el fruto y la presencia de adultos y ninfas. (Mata *et al.* 2000).



Fig. 24. Trips adulto.

Los pulgones, succionan el jugo de las hojas jóvenes de plantas. Se puede utilizar controles bioquímicos (avispa parásita o escarabajos).

Otros son las mariposas *Argyroploce leucotetra* en Sudáfrica y en Florida “mariposa de la guayaba” *Argyresthia eugeniella*. Los escarabajos son larvas del *Coelosterna sp.* fabrican túneles del tronco a la raíz, lo cual facilita la entrada del hongo *Fusarium oxisporum psidii*, agente causal de la marchitez, que lo abordaremos más adelante. Los piojos harinosos, pertenecen al orden Homóptera y a la familia *Coccidae*. El más importante para México es el *Chloropulvinaria psidii*. Las escamas pertenecen al mismo orden y familia que los piojos harinosos, succionan jugos de hojas tallos y frutos, producen copiosas cantidades de mielecilla, la cual es utilizada por hormigas y como sustrato por algunos hongos que forman un moho oscuro. (Mata *et al.* 2000).

ANEXO 3.

SINERGISMO Y ANTAGONISMO

Antagonismo: Las cepas de *Bacillus* -18, *Pseudomona fluorescente* -31 y *Trichoderma* -2, ejercen un antagonismo claro sobre la germinación de conidios de *C. gloeosporioides*. Sin embargo, *Trichoderma* -2 muestra una mejor inhibición del crecimiento micelial. (Botero *et al* 1999) El mecanismo de biocontrol que utilizan estos

microorganismos es por medio de antibiosis, el *Trichoderma virens* G-20 produce gliotoxinas, *P. fluorescens* ATCC 17 400, trehalose y *P. fluorescens* F113. 2,4-diacetilfluoroglucinol. Otros antibióticos de *P. fluorescens* 2-79 es fenazina, (ácido fenazina-1-carboxílico PCA) cepa 30-84, además producen 2-acetamidofenol (AMF) en medio líquido 2, 4-diacetilfluoroglucinol (PhI). Algunas cepas de *P. fluorescens* producen cianuro de hidrógeno. (Ferrera y Alarcón 2007)

Sinergismo: En la corteza de los cítricos, tienen mayor efecto *Diplodia natalensis* y *Colletotrichum gloeosporioides*, que la que pueden producir por separado. Cepas de *Pseudomona* no *Fluorescente* -39 favoreció la germinación, además de estimular la formación de apresorios en *C. gloeosporioides*. (Botero et al 1999)

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Alcántara, M. 2004. "Niveles de b-caroteno y licopeno durante la maduración de frutas de guayaba". Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, México.
2. Alexopoulos, C. J. Mims, C. W., Blackwell M. 1996. Introductory Mycology. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. United States.
3. Bailey J., O'Connell R., Pring R., Nash C. Infection Strategies of *Colletotrichum* Species. En: *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control* (Bailey JA y Jeger MJ, Eds.). CAB International Wallingford; 1992;88-120.
4. Bidwell, R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. Primera edición. AGT Editor S. A. México
5. Botero O. M.J. 1999. "Estudio de la Interacción Biológica de Microorganismos Relacionados con *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. Sacc., Agente Causal de la Antracnosis en Tomate de Árbol (*Solanum betaceae* (CAV.) SENT.)" Informe parcial de Tesis de Maestría. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia.
6. Cano J., Guarro J., Gene J. 2004. Molecular and Morphological Identification of *Colletotrichum* Species of Clinical Interest. *Journal of Clinical Microbiology* 42(6):2450-2454.
7. Castillo J. 1987. Micología General. Primera Edición. Editorial Limusa – Dirección General de Institutos Tecnológicos. México.
8. Cerón L. E., Rincón B. L. Higuera M. Sánchez J, Bustamante S., Buitrago G. "Crecimiento y Desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* f. *alatae* durante su Cultivo en Medios Líquidos". *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 11 No. 1, 2006 p. 99 – 109.
9. Deacon, W. M. 1998. Introducción a la Micología Moderna. Primera edición. Noriega Editores. México.

10. Ferrara R., Alarcón A. 2007. Microbiología Agrícola. Hongos, Bacterias, Micro y Macrofauna, Control Biológico y Planta-Microorganismo. Primera Edición. Editorial Trillas S. A. de C. V. México.
11. Finch H. y Finch A. 1974. Los Hongos Comunes que atacan Cultivos en América Latina. Primera Edición. Trillas. México. p. 34-35
12. Flaishman M. A. and Kolattukudy P. E. 1994. [Timing of fungal invasion using host's ripening hormone as a signal](#). Proc. Nati. Acad. Sci. USA. Plant Biology. Vol. 91, pp. 6579-6583
13. Freeman S., Katan T. y Shabi E. 1996. Characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from Avocado and Almond Fruits with Molecular and Pathogenicity Tests. Applied and Environmental Microbiology. Vol. 62 No. 3. p. 1014-1020.
14. Gaztambide I. 2005. "Distribución Vertical y Temporal de *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloeosporioides*) Sobre una Siembra Comercial de Gandul (*Cajanus cajan* L.)". Tesis de Maestro en Ciencias de Biología. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico.
15. Guarro J., Svidzinski T., Zaror L., Forjaz M., Gene J. y Fischman O. 1998. [Subcutaneous Hyalohyphomycosis Caused by *Colletotrichum gloeosporioides*](#). American Society for Microbiology. Vol. 36 No. 10. p. 3060-3065.
16. Herrera, T.; Ulloa, M. 1998. El Reino de los Hongos. Micología Básica y Aplicada. Segunda edición. UNAM – Fondo de Cultura Económica. México.
17. Kirk R. S., Sawyer, R., Egan, H., 2004. Composición y Análisis de los Alimentos de Pearson. Sexta Reimpresión. Compañía Editorial Continental S. A. México. p. 259
18. Krishna G., Rogers L. M., Kolattukudy P. E. 1993. ["Chemical Signals from Avocado Surface Wax Trigger Germination and Apressorium Formation in *Colletotrichum gloeosporioides*"](#). Plant Physio. 103: 267- 272.

19. Konneman E. W., Stephen D. A., William M.J. Schieckenerger P. C. y Winn W. C., 1999. Diagnóstico Microbiológico Texto y Atlas a Color. 5ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Argentina. p. 960-997.
20. Kolaitukudy P. E., Rogers L. M., Li D., Hwang C. S. y Flaishman M. A. Surface Singnaling in Pathogenesis. Colloquium "Self-Defense by Plants: Induction and Signalling Pathways". National Academy of Sciences, in Irvine, CA. September 15-17, 1994.
21. Laguado N., Marín M. 2004, "Cambios en el contenido de glucosa y sacarosa durante el desarrollo de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.)". Rev. Fac. Agron. (LUZ). 21 Supl. 1: 299-305
22. Marín, M., Investigación, Producción y Manejo Poscosecha de Frutas. Investigación y producción del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Venezuela. VIII Congreso Venezolano de Fruticultura Foro 1. 2004.
23. Mata Beltrán. I., Rodríguez Mendoza, .A. 2000. En: Cultivo y Producción del Guayabo. Segunda Edición, Ed. Trillas, México.
24. Matthews, K. R. 2006. Microbiology of Fresh Produce. Emerging Issues in Food Safety. II Series. ASM Press. Unied States. **Paginas**
25. Mora J., Arauz, L. F."Progreso de la Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en la Guanábana, Bajo dos Sistemas de Manejo de la Enfermedad en la Zona Atlántica de Costa Rica". X Congreso Nacional / III Congreso de Fitopatología. Resumen 148. Costa Rica. 1996.
26. http://www.fao.org/ag/agn/fv/files/1089_GAUVASP.PDF. Norma del Codex para la guayaba CODEX STAN 215-1999. Rev. 3 nov del 2007.
27. Pascual, L. A., Azuara E. Enero- marzo.2006. "Efecto de la Deshidratación Osmótica en la Vida Poscosecha de la Guayaba (*Psidium guajava*)". Revista Gaceta. Universidad Veracruzana.
28. Perdomo Espino, E. 2006. "Calcio y Choque Térmico: Evaluación de la calidad química de la guayaba (*Psidium guajava*)". Tesis de Licenciatura. Escuela de

Quimicofarmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México.

29. Pérez D., Iannacone J. 2006. "Control Químico de la Antracnosis Causado por *Colletotrichum gloeosporioides* en el Cultivo de Camu Camu (*Myrciaria dubia* Myrtaceae) en Ucayali, Perú". Fitopatología Brasileña. 31 (5).
30. Prescott L. M., Harley J. P. y Klein D. A. 1999. Microbiología. Cuarta edición. McGraw-Hill-Interamericana de España, S. A. U. p. 539-556, 959-969.
31. Quijada Ruiz o. "Desarrollo Tecnológico para el Manejo Poscosecha de la Guayaba en Colombia y Venezuela". 2005 Informe de Avances Proyecto. Venezuela.
32. Robinson M., Riov J. y Sharon A. 1998. Indole-3-Acetic Acid Biosíntesis in *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*. American Society for Microbiology. Vol. 64 No. 12. p. 5030-5032
33. Sañudo Barajas J. A. 2004. "Actividad de Poligalacturonasa y Carboximetilcelulasa durante la maduración de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.)". Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.
34. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). 2003, 2005, 2006. México
35. Systematic Botany and Mycology, USDA United States Department of Agriculture. Fungal Databases. <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/index.cfm>. Nov 08, 2007
36. Soria J., Guevara I., Padilla J. S., Vasco N. L. "Determinación de Proteínas de reserva en semillas de selecciones de Guayaba (*Psidium guajava* L.) en el Estado de Aguascalientes". Memoria Primer Congreso Estatal "La Investigación en el Posgrado". Aguascalientes, México. 2005
37. Ulloa M., Hanlin R. 1978. Atlas de Micología Básica. Primera edición. Editorial Concepto S. A. México. p. 6-9

38. Urueta R. M. 2005. "Calidad de frutos de Guayaba (*Psidium guajava*) en Estado Verde de Maduración almacenados en frigorífico: efecto del choque térmico y calcio en postcosecha". Tesis de Licenciatura. Escuela de Quimicofarmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México.
39. Villanueva R., Hernández A. M., Yáñez M. J., Tellez D., Mora A., Cárdenas E., Castañeda A. 2005. "Caracterización e Identificación de *Colletotrichum fragariae* en Frutos de Chirimoya". *Agrociencia*. Vol.39: 93-106.
40. Yakobi N., Kobiler I., Dinoor A. y Prusky D. 2000. "pH Regulation of Pectate Lyase Secretion Modulates the Attack of *Colletotrichum gloeosporioides* on Avocado Fruits". *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 66 No. 3. p. 1026–1030.
41. Yeon K., Tomonori K., Li D., and Kolattukudy P. E. 2000. *A Mitogen-Activated Protein Kinase Kinase Required for Induction of Cytokinesis and Appressorium Formation by Host Signals in the Conidia Of Colletotrichum gloeosporioides*. American Society of Plant Physiologists. Vol. 66 No. 3. p.1026-1030
42. Yeon K., Zhi- Mei L., Kolattukudy P. E. 2000. "Two Novel Genes Induced by Hard-Surface Contact of *Colletotrichum gloeosporioides* Conidia". *Journal of Bacteriology*. Vol. 182, No. 17, p. 4688- 4695.
43. Zamora T., Cardenas E., Cajuste J. F., Colinas M. T. 2001. "Anatomía del Daño por Rozamiento y por el *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. en Fruto de Aguacate "Hass"". *Agrociencia* 35: 237-244.
44. http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/agricultura/fomento/cultivos/cultivo_guayaba.html.
45. <http://www.fao.org/docrep/x5056S/x5056S03.htm>