



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

RELACIÓN EN EL PROCESO INFECCIOSO DEL HONGO
Pestalotia sp EN EL HONGO *Psidium guajava*

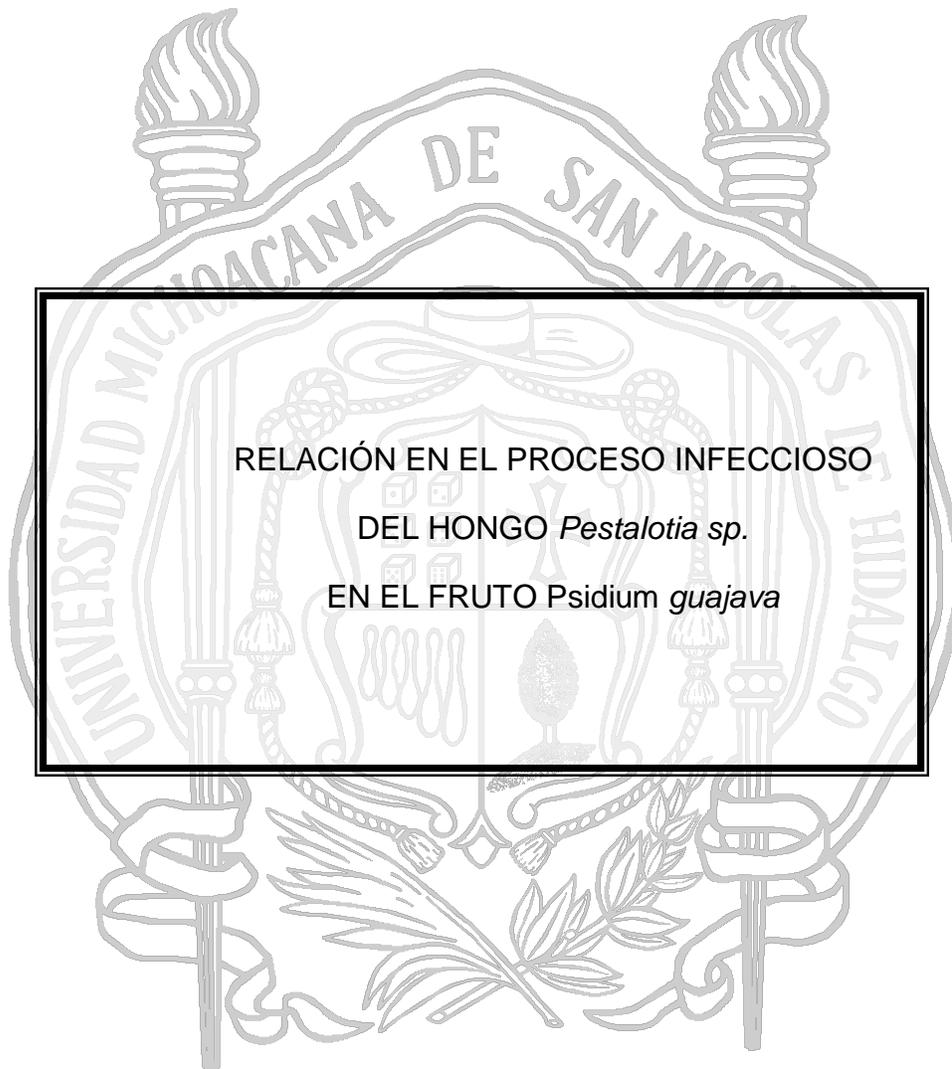
TESINA PARA OBTENER EL TÍTULO DE: QUÍMICO
FARMACOBIOLOGA

PRESENTA:
YULIANA HERNANDEZ GOMEZ

ASESOR:
DC. RAFAEL ORTIZ ALVARADO
DOCTOR EN ASPECTOS MOLECULARES DE LA BIOLOGIA



MORELIA MICH. NOVIEMBRE 2013



ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE TABLAS | 4 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 4 |
| I.- OBJETIVO | 5 |
| II.- JUSTIFICACIÓN | 6 |
| III.- RESUMEN | 7 |
| IV.- INTRODUCCIÓN | 8 |
| CAPITULO 1.- <i>Psidium guajava</i> | |
| 1.1.- CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE <i>Psidium guajava</i> en el estado de Michoacán | 10 |
| 1.2.- HISTORIA DEL CONSUMO DE <i>Psidium guajava</i> | |
| 1.2.1.- ORIGEN..... | 13 |
| 1.2.2.- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA..... | 13 |
| 1.2.3.- DESCRIPCIÓN BOTÁNICA..... | 13 |
| 1.2.4.- COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL FRUTO DE <i>Psidium guajava</i> | 14 |
| 1.2.5.- REQUERIMIENTO ECOLÓGICO DE <i>Psidium guajava</i> | 18 |
| 1.2.6.- COMPONENTES FÍSICOQUÍMICOS Y NUTRICIONALES DE <i>Psidium guajava</i> | 19 |
| 1.2.7.- CONSERVACIÓN DEL FRUTO <i>Psidium guajava</i> | 19 |
| 1.2.8.- MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES DEL FRUTO <i>Psidium guajava</i> | 20 |
| 1.3.- FISIOLÓGIA DE DESARROLLO DEL FRUTO DE <i>Psidium guajava</i> | 20 |
| 1.4.- Patologías del fruto <i>Psidium guajava</i> | 22 |
| CAPITULO 2.- GENERALIDADES DEL HONGO (<i>Pestalotia sp</i>) | |
| 2.1.- Descripción general de los hongos fitopatógenos..... | 25 |
| 2.2.- <i>Pestalotia sp</i> | 27 |
| 2.3.- AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE <i>Pestalotia sp</i> | 28 |
| CAPITULO 3.- RELACIÓN ENTRE EL HONGO Y EL FRUTO | |
| 3.1.- PROCESO DE INFECCIÓN DE <i>Pestalotia sp</i> SOBRE <i>Psidium guajava</i> | 31 |
| 3.2.- DEGRADACIÓN CELULOLÍTICA DE <i>Pestalotia sp</i> | 36 |
| 3.3.- MÉTODOS PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD <i>Pestalotia sp</i> | 41 |
| V.- CONCLUSIONES | 44 |
| VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 45 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1.- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>Psidium guajava</i> | 15 |
| TABLA 2.- ESCALA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN ESTADO DE MADUREZ DE LOS FRUTOS DE <i>Psidium guajava</i> | 16 |
| TABLA 3.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE <i>Psidium guajava</i> | 17 |
| TABLA 4.- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>Pestalotia sp</i> | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1.- ESTRUCTURA DEL FRUTO <i>Psidium guajava</i> | 11 |
| FIGURA 2.- ESTADÍSTICA DE PRODUCCIÓN DE <i>Psidium guajava</i> EN EL ESTADO DE MICHOACÁN | 12 |
| FIGURA 3.- PRODUCCIÓN DE CONIDIOS EN ACÉRVULOS DE <i>Pestalotia sp</i> | 34 |
| FIGURA 4.- CICLO DE INFECCIÓN DEL HONGO <i>Pestalotia sp</i> | 35 |
| FIGURA 5A.- ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA CELULOSA | 37 |
| FIGURA 5B.- ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA HEMICELULOSA | 37 |
| FIGURA 6.- DEGRADACIÓN DE LA CELULOSA SOLUBLE POR DOS ENZIMAS PRODUCIDAS COMÚNMENTE POR LOS HONGOS | 38 |
| FIGURA 7.- FRUTOS EMBOLSADOS DE <i>Psidium guajava</i> | 43 |

I. OBJETIVO

El presente trabajo bibliográfico describe el estado actual del hongo fitopatógeno *Pestalotia sp* sobre el género *Psidium guajava*, así como las consecuencias fitosanitarias sobre la guayaba como producto frutícola del Estado de Michoacán.

II. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de guayaba (*Psidium guajava*) es considerada dentro de los principales cultivos del estado de Michoacán. Sin embargo debido a sus características fisicoquímicas y estado de maduración, el fruto sufre pérdidas post-cosechas importantes, debido a la sensibilidad a daños mecánicos y vulnerabilidad al ataque de microorganismos, como el fitopatógeno *Pestalotia sp* agente causal de la Pestalotiopsis o mejor conocido como el Clavo siendo esta la enfermedad de mayores pérdidas económicas y de la cual no hay información precisa para proceder a erradicarla del fruto.

Pestalotia afecta al guayabo desde su crecimiento hasta la posterior infección del fruto en pos cosecha disminuyendo sus características organolépticas, lo que impide una óptima comercialización.

III. RESUMEN

Michoacán ocupa el primer lugar nacional en la producción de aguacate, pera, guayaba, fresa, durazno y zarzamora y segundo lugar en la producción de limón mexicano, toronja y papaya. Siendo los municipios de jungapeo, Benito Juárez, Zitácuaro, Tuxpan, Susupuato y Tuzantla (región oriente del estado de Michoacán), la principal zona productora de guayaba. (Jose Alberto Zaracua, et.al., 2009).

Psidium guajava tiene un alto potencial de consumo en los mercados nacional e internacional por presentar un alto nivel nutricional, excelente sabor y aroma; sin embargo la mayor limitante para la exportación e industrialización del cultivo, es la mala calidad de la fruta ocasionada debido a la presencia de plagas, enfermedades, daños físicos, diferencias de tamaño, peso, grado de madurez y apariencia externa. (Pedro, Domingo Farfan., et.al., 2006).

En esta revisión bibliográfica, se pretende conocer más acerca del fitopatógeno causante de la enfermedad *Pestalotiopsis* del huerto de la región del estado de Michoacán.

Este hongo es de suma importancia ya que causa daño en el fruto de *Psidium guajava* llamada *Pestalotiopsis* o mejor conocido como la enfermedad del Clavo. Ésta es una enfermedad que ha venido adquiriendo mucha importancia en los últimos años debido a que ocasiona lesiones en los frutos, las cuales modifican las características sensoriales y reducen su valor nutritivo, que para el agricultor significa una pérdida económica importante. (Lozano, C. et al., 2002).

IV. INTRODUCCIÓN

Psidium guajava es una fruta tropical que pertenece a la familia de las Mirtáceas la cual incluye a más de 3,000 especies de árboles y arbustos encontrados en los cinco continentes.

Todas las guayabas las producen árboles del género *Psidium* que crecen en regiones tropicales de América, Asia y Oceanía. En otros países también se la conoce como guayabo, guara, arrayana y luma.

En el municipio de Benito Juárez, Michoacán, ubicado al oriente del estado, produce anualmente 60 mil toneladas con el cultivo de más de 2 mil hectáreas. (Barriga-Téllez L.M, 2010).

Las guayabas las podemos encontrar dulces, semiácidas y ácidas; generalmente son de forma redondeada, no muy grande, cuando están maduras exhalan un profundo aroma que las hace muy sugestivas y tentadoras. (A.B. Sánchez-Urdaneta, 2007).

A la guayaba se le denomina "la fruta reina" por ser la más completa en nutrientes por lo que en la Segunda Guerra mundial se incluyó en las provisiones para los soldados. Su componente mayoritario es el agua (78%), contiene: vitaminas, proteínas, sales minerales y oligoelementos. Los contenidos de vitaminas A, B1 y B2, son altos, y produce algo más de dos veces vitamina C que la naranja; la fruta posee 16 vitaminas, faltando aún por determinar cerca del 60% de su probable contenido vitamínico. Los niveles de aminoácidos esenciales como el triptófano, lisina, y metionina, son muy altos y es rica en taninos, además de poseer propiedades de astringente intestinal. (A.B. Sánchez-Urdaneta, 2007).

El tiempo transcurrido entre la emergencia de las flores y la maduración del fruto está alrededor de cinco o seis meses, según la disponibilidad de agua y de fertilizante. Los frutos que proceden de la estación de bajas temperaturas tienen mayor contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, azúcares totales, ácido ascórbico, pectinas y taninos, cuando son comparados con frutos de la estación de alta temperatura y alta precipitación, los cuales además se presentan muy acuosos.

Los frutos de la guayaba por lo general se cosechan manualmente, el manejo y destino varía de un país a otro. Los que se destinan a la industria pueden cosecharse en un estado de madurez más avanzado que los destinados al consumo fresco; sin embargo, los frutos que son destinados para el consumo se descomponen fácilmente y en la actualidad una gran proporción de la cosecha no llega a los consumidores, (Mata y Rodríguez, 1990).

Durante la etapa de maduración, los frutos climatéricos (es decir frutas que almacenan almidón como hidrato de carbono de reserva durante su crecimiento, el cual es hidrolizado a azúcares simples durante la maduración que le dan el sabor, por eso estas frutas pueden ser cortadas antes de su maduración.) son susceptibles a cambios que involucran el ablandamiento de la corteza, disminución de la viscosidad y pérdida de rigidez en la pared celular. Las sustancias encargadas de la rigidez son principalmente carbohidratos como celulosa, hemicelulosa, pectina y polímeros fenólicos como la lignina. Es por ello, que cuando el fruto se encuentra en las fases de maduración y senescencia (es decir respuesta al estrés y daño ocurrido en la célula), es recurrente la descompartimentalización de la pared celular primaria y la estructura de lámina media, ocasionados por la acción de enzimas tipo hidrolasas tales como pectinesterasa, poligalacturonasa, celulasa y xilanasas, entre otras; las cuales hidrolizan el ácido poligalacturónico, la celulosa y la hemicelulosa. (Aranda, J.L. et al., 2004).

Por tal motivo es de suma importancia elevar la calidad de lo que producimos, esa es la mejor forma de ser competitivos, para encontrar mejores precios y otros mercados respectivamente incidiendo en la calidad fisicoquímica y sensorial de los frutos.

CAPITULO 1.- *Psidium guajava*

1.1 Cultivo y producción de *Psidium guajava* en el estado de Michoacán.

De manera general se ha señalado, que los frutos del guayabo, son bayas piriformes, globosas, esféricas, elipsoidales, ovaladas o cilíndricas, con el epicarpo de color amarillo, rosado, verdoso, amarillo verdoso y amarillo claro en su plena madurez; en algunas variantes se distingue un tinte ligeramente rosado, de textura averrugada o lisa. El mesocarpo puede ser delgado o grueso y el endocarpo con muchas o pocas semillas, respectivamente. **(FIGURA 1)**, (A.B. Sánchez-Urdaneta, 2007).

La guayaba tiene alto potencial de consumo en los mercados nacional e internacional por presentar un alto valor nutricional, excelente sabor y aroma (Corpoica, 1996; Pimiento, 1994); sin embargo, la mayor limitante para la exportación e industrialización del cultivo es la mala calidad de la fruta ocasionada por la presencia de plagas, enfermedades, daños físicos, diferencias de tamaño, peso, grado de madurez y apariencia externa. (Corpoica, 1998).

El cultivo de la guayaba en el estado de Michoacán es actualmente uno de los principales cultivos desde el punto de vista económico, técnico y social. Sus primeras plantaciones datan del año 1980, los primeros registros indican la siembra de 10 hectáreas. Se dio inicio paulatinamente en los municipios de Benito Juárez, Jungapeo, Zitácuaro, entre otros. La región de Michoacán ocupa el primer lugar a nivel nacional 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, Benito Juárez, Michoacán. (SAGARPA 2006). **(FIGURA 2)**.

Los principales productores a nivel mundial: son la India, Brasil, México, Sud África, Jamaica, Kenia, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Haití, Colombia, Estados Unidos (Hawái y Florida), Taiwán, Egipto y Filipinas.

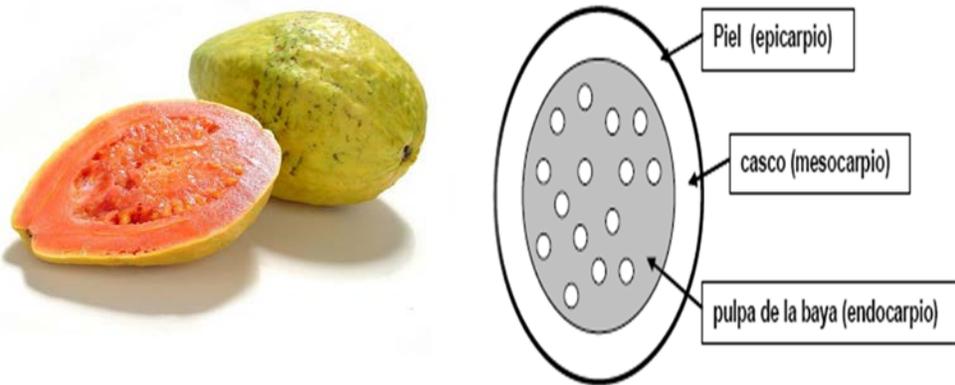


FIGURA 1. Estructura de *Psidium guajava*, fracciones de un corte de guayaba desde la parte más externa hacia el centro de la fruta. Tomado de: (www.abc.com.py/.../articulos/390749/guayaba).

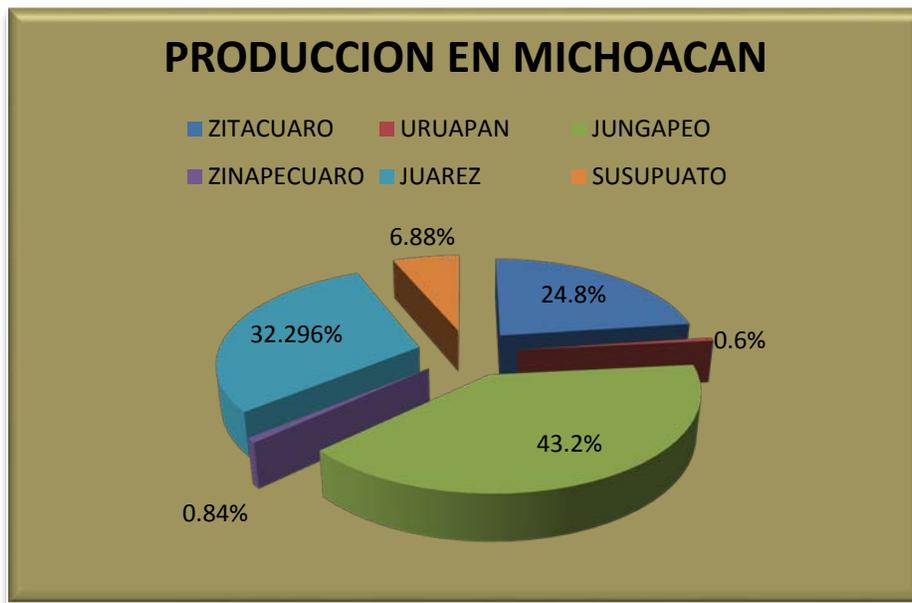


Figura No 2. Estadística de producción de *Psidium guajava* en el estado de Michoacán; donde podemos observar que el municipio de Jungapeo ocupa el primer lugar en producción de guayaba con un 43.2%, siguiendo el municipio de Zitácuaro con 32.29% (SAGARPA, 2006).

1.2 Historia del consumo de *Psidium guajava*

1.2.1 Origen

Se han asignado varios nombres comunes al fruto: por ejemplo en México, xalxocotl; en Brasil, “araca-iba” al árbol y “araca guacu” a la fruta, en El Salvador se conoce como Guayabín, Guayabillo, Guayaba, Goiaba en Portugal, en Perú y Santo Domingo se le denominaba “guajavos” o “guajavas” Guyave en Francia, Guava en USA, Guyaaba en Holanda, Kuawa en Hawaii, Abas en Guam, Jambu-batu en Malasia, Bayabas en Filipinas y Amarood, Jamphal, Jamrukh, Piyara, Safari en India, pero no existe indicación precisa alguna del origen. La diversidad de nombres confirma la hipótesis de que la guayaba es muy antigua y se encuentra en un área muy extendida. (Mata et al., 2000).

1.2.2 Clasificación Taxonómica

Psidium guajava pertenece al orden de los *Myrtales*, que se compone de cinco familias: *Myrtaceae*, *Lecythruidaceae*, *Melastomaceae*, *Combretaceae* y *Rhizophocaceae*. La familia *Myrtaceae* está representada por cerca de 3000 especies de árboles y arbustos que prosperan en la mayor parte de las áreas tropicales y subtropicales del mundo. Dentro de la familia *Myrtaceae* se agrupa al género *Psidium* que comprende más de 150 especies; dentro de estas especies se encuentra *Psidium guajava*. (Mata et al., 2000). (TABLA 1).

1.2.3 Descripción botánica

El guayabo es generalmente un árbol bajo o un arbusto arborescente de 3 a 10 m de altura. Tiene un tallo corto y torcido. Ramifica libremente cerca del suelo y puede llegar a ser muy denso. Sus hojas son de color verde u oscuro; ovales, oblongas, entrecruzadas o dísticas hacia el ápice de las ramas, miden de 3 a 6.5 cm de ancho y de 5 a 15 cm de largo. (Laguado, 1997).

El fruto es una baya esférica, globosa, elipsoidal o piriforme; sus dimensiones varían enormemente de una variedad a otra es averrugado o liso, densamente punteado,

brillante con 5 a 12 cm de largo y 5 a 7 cm de ancho, su peso va desde 30 a 225 grs en el exterior presenta un color amarillo verdoso y amarillo claro en su plena madurez; en algunos tipos se distingue un tinte ligeramente rosado en el lado expuesto. El color de su carne es muy variable: puede ser blanco, blanco amarillento, rosado, amarillo, naranja y salmón. (Laguado, 1997).

El sabor de la fruta completamente madura es dulce a ligeramente ácido; el aroma distintivo varía de fuerte y penetrante a moderado y agradable. (Mata et al., 2000).

Las guayabas se cosechan en madurez fisiológica es decir en el estado verde-maduro (cambio de color del verde oscuro al claro) en países como México, donde los consumidores las prefieren en éste estado. En naciones donde los consumidores prefieren las guayabas maduras, las frutas se cosechan en estado firme-maduro a madurez media de consumo (más blandas) para un transporte de media distancia, o bien en plena madurez de consumo (amarilla y blanda) para mercados locales. (A.B. Sánchez-Urdaneta, 2007). En la **TABLA 2** se describe la escala de colores de acuerdo con el grado de madurez en el fruto de la guayaba.

1.2.4 Composición química y nutricional de *Psidium guajava*

Los frutos de las plantas de *Psidium guajava* tienen un apreciable valor nutritivo, es por esto que se justifica su consumo. Es el fruto que aporta el mayor contenido de vitamina C razón por la cual se le conoce como la “Reyna de la Vitamina C” además de aportar vitamina A, vitamina B₃, azúcares (fructosa y glucosa), taninos, fibras (Pectina en mayor concentración), además de un alto coeficiente de digestibilidad. (Laguado et.al., 1999) (**TABLA 3**).

La fruta es aromática, contienen una gran cantidad de constituyentes volátiles, aromáticos 86 aproximadamente; entre ellas el acetato de cinamilo, el acetato de (Z)-3-hexenilo y el alcohol cinamílico. Recientemente se detectó el acetato de 2-hidroxietilo, el 1-2-propanodiol, el 1-2 etanodiol, el acetato de 3-metilbutano y el 3-metil-2-butanol. (Quijano et al., 1999).

TABLA 1: Clasificación taxonómica de *Psidium guajava*

| | |
|-----------------|---------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| Subreino | <i>Espermatophyta</i> |
| División | <i>Angiosperma</i> |
| Clase | <i>Magnoliopsidae</i> |
| Orden | <i>Myrtales</i> |
| Familia | <i>Myrtaceae</i> |
| Genero | <i>Psidium</i> |
| Espacie | <i>Psidium guajava</i> L. |

Tomado de: Matta, B.L. y Rodríguez, M.A.

TABLA No 2.- Escala de clasificación según el estado de madurez de los frutos de *Psidium guajava*.

| CLASE | ESCALA DE COLORES DEL FRUTO | DESCRIPCIÓN DE LA ESCALA |
|-------|-----------------------------|---|
| 1 | VERDE | VERDE SIN OLOR, FIRME AL TACTO. |
| 2 | PINTONA | VERDE, INDICIOS DE OLOR, INICIOS DE AROMA, FIRME AL TACTO. |
| 3 | VERDE + AMARILLO | PREDOMINIO DEL COLOR VERDE SOBRE EL AMARILLO, DESARROLLO DE AROMA, INDICIOS DE ABLANDAMIENTO. |
| 4 | AMARILLO + VERDE | PREDOMINIO DE COLOR AMARILLO SOBRE EL VERDE, BLANDA PERO FIRME AL TACTO, AROMA. |
| 5 | MADURA | TOTALMENTE AMARILLA, AROMA PENETRANTE, BLANDA AL TACTO. |

Tomado de: (A.B. Sánchez-Urdaneta, 2007).

TABLA No. 3

Composición Nutricional de *Psidium guajava*

| VALOR NUTRITIVO POR CADA 100 g DE FRUTA FRESCA | |
|--|--------------|
| COMPONENTES | CANTIDAD |
| VITAMINA A | 200-400 IU |
| VITAMINA B3 | 40 IU |
| VITAMINA C | 300 IU |
| RIBOFLAVINA (B2) | 0.03-0.04 mg |
| TIAMINA (B1) | 0.046 mg |
| NIACINA (B3) | 0.6-1.068 mg |
| CALORIAS | 36-50 kcal |
| HUMEDAD | 77-86 grs |
| FIBRA CRUDA | 2.8-5.5 grs |
| PROTEÍNA | 0.9-1.0 grs |
| GRASA | 0.1-0.5 grs |
| CENIZA | 0.43-0.7 |
| CARBOHIDRATOS | 9.5-10 grs |
| CALCIO | 9.1-17 grs |
| FOSFORO | 17.8-30 grs |
| HIERRO | 0.3-0.7 grs |

TOMADO DE: (Mata, 2000)

1.2.5 Requerimiento ecológico de *Psidium guajava*

El guayabo se adapta con facilidad a distintas condiciones climáticas pese a sus orígenes tropicales; sin embargo, su área ecológica se encuentra en la faja paralela al Ecuador. (Mata, 2000).

Esta especie se encuentra desde el nivel del mar hasta una elevación de 1500 m. también se puede desarrollar bien en lugares altos, siempre y cuando en éstos no sean frecuentes las heladas ni las temperaturas inferiores a 0 °C durante tiempo prolongado. (Mata, 2000).

El guayabo se desarrolla mejor en clima seco, sin embargo, son mejores las áreas secas que reciben una lluvia que no exceda los 1000 mm por año. Se recomienda cultivarlo en áreas con clima de verano con una precipitación media anual entre 1000 y 2000 mm y de invierno moderado. (Mata, 2000).

Lo más altos rendimientos se obtienen con una temperatura anual media de 23 a 28° C; sin embargo, el guayabo puede tolerar temperaturas de 45°C o más.

Es sensible a las bajas temperaturas: las plantas jóvenes pueden morir a temperaturas de -1.7 °C, mientras que los árboles jóvenes pueden tolerar periodos cortos a -3.3 °C.

Las plantas pueden ser dañadas con mayor severidad por las bajas temperaturas, cuando se les aplica fertilizantes nitrogenados poco antes del tiempo de heladas. (Mata, 2000).

El suelo parece no ser un factor limitante para la producción, pues la planta responde a una amplia gama de tipos: arcillosos y orgánicos de buen drenaje, arenosos y calcáreos cuando éstos se manejan con una fertilización adecuada.

1.2.6 Componentes fisicoquímicos y nutricionales de *Psidium guajava*

La guayaba contiene una gran cantidad de componentes que se pueden dividir en dos:

1. Componentes nutricionales y 2. Componentes fisicoquímicos, entre ellos se encuentran por 100g de fruto fresco: humedad (77–86 gr.), fibra cruda (2.8–5.5 grs.), proteína (0.9–1.0 grs.), grasa (0.1–0.5 grs.), ceniza (0.43–0.7 grs.), carbohidratos (9.5–10 grs.), calcio (Ca) (9.1–17 grs.), fósforo (P) (17.8–30 grs.), hierro (Fe) (0.30–0.7 mg.), vitamina A (200–400 IU), tiamina (0.046 mg.), riboflavina (0.03– 0.04 mg.), niacina (0.6–1.068 mg.), vitamina B3 (40 IU), vitamina G4 (35 IU) (Mata y Rodríguez, 1990). **(TABLA 3).**

1.2.7 Conservación del fruto de *Psidium guajava*

La guayaba en fresco cuenta con una vida de anaquel corta (5 a 7 días) a temperatura ambiente y/o 3 semanas a 8 °C (mercado et al., 1998), lo cual limita su comercialización a mercados distantes como Estados Unidos, Europa o Asia. El consumo de guayaba en el mercado mexicano es principalmente como fruto fresco. (Lopez-Enriquez and Mercado-Silva., 2005).

La refrigeración es una práctica poscosecha que se utiliza para la conservación de los frutos retardando las reacciones químicas que se pueden producir en el alimento, retrasa la acción enzimática e inhibe el crecimiento y actividad de los microorganismos existentes en el alimento. En el caso del fruto de la guayaba temperaturas de 8.3 a 10 °C con un 85-90% de humedad relativa prolonga la vida del fruto almacenado hasta por dos semanas (Mata and Rodríguez, 2000).

Existen algunos tratamientos poscosecha que se utilizan en el fruto de la guayaba para alargar su vida de anaquel tales como las emulsiones con cera al 3% que prolongan la vida del fruto durante 8 días a temperatura ambiente (22.2 a 30°C) y 21 días a temperaturas bajas (8.3-10°C) (Basseto et al., 2004). En el caso de este fruto también se utilizan las inmersiones en CaCl₂ al 1% lo cual alarga la vida de anaquel del fruto hasta 9 días cuando es almacenado a temperatura ambiente y por 4 semanas cuando

se almacena a 8°C esto previene el ablandamiento y senescencia del fruto, ya que se producen pectatos de calcio que incrementan la rigidez de la pared celular, haciendo el tejido más resistente tanto a los agentes físicos como a los enzimáticos (Pereyra et al., 2007).

1.2.8 macronutrientes y micronutrientes del fruto *Psidium guajava*

El calcio le da firmeza al fruto, además de promover un crecimiento apical y radicular (Mata y Rodríguez 2000), aplicando cloruro de calcio combinado con Nitrato de calcio en una concentración del 1.6 % v/v se obtiene un efecto positivo en la cascara y en la calidad del fruto (Quijada, et., al, 2005) el calcio es el principal responsable de la formación de la lámina media, estructura y permeabilidad de la pared celular, como de la elongación y división celular, por otra parte el calcio tiene influencia sobre el retraso de la senescencia, control de desórdenes fisiológicos y efecto sobre diferentes tipos de patógenos, en frutas y vegetales (Saborio et al 2007).

La aplicación excesiva de nitrógeno genera frutos de buen tamaño, pero no tendrán la dureza, dulzura y prematuros, con 3grs de nitrógeno por cada centímetro de circunferencia del tronco es suficiente para obtener frutos de calidad.

El potasio proporciona dureza, aroma y dulzura al aplicar 1% de sulfato de potasio.

El magnesio, cobre y boro ayudan al incremento del número de hojas, longitud de raíces, perímetro y altura de tallo. El hierro incrementa la longitud de brotes terminales.

El zinc incrementa el crecimiento y el contenido de clorofila, tiempo de maduración, niveles de vitamina C, sustancias péptica. (Quijada, et., al, 2005).

1.3 Fisiología del desarrollo del fruto de *Psidium guajava*

Para alcanzar su madurez fisiológica requiere de aproximadamente 150 días a partir de la fecha de floración, aunque se requieren más días en las estaciones frías que en las estaciones con temperaturas mayores; es decir, que las temperaturas más frías retardan el crecimiento de la fruta y por lo tanto su metabolismo. (Mercado 1998).

Durante el proceso de desarrollo y maduración de la fruta de guayaba muchos cambios bioquímicos, fisicoquímicos y fisiológicos determinantes de la calidad y vida pos cosecha del fruto, como son: aumento considerable de peso y volumen a partir de los primeros 50 días y hasta los 100 días. El color de la fruta permanece verde hasta la madurez fisiológica; también el ablandamiento de la fruta se ve reflejado después de aproximadamente 115 días después de la antesis. (Regalado, 1999), al igual existen cambios de color, cambios en la producción de proteínas y azúcares, producción de aromas y cambios en los compuestos volátiles. Todos estos asociados a un transitorio pico respiratorio y vinculado estrechamente a la producción auto catalítica del etileno. (Arciga, 2006).

Su contenido de azúcares aumenta durante el desarrollo, como en el caso de la fructosa que aumenta rápidamente, mientras que la glucosa se incrementa lentamente. El contenido de pectina en la guayaba disminuye durante la maduración al igual que la acidez, mientras el ácido ascórbico aumenta durante el proceso de desarrollo. (Marín, 2004).

En el caso de las enzimas la actividad de la invertasa empieza a desarrollarse durante la maduración y alcanza su máximo nivel en la madurez completa presentando su máxima actividad en un rango de 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 de actividad de la amilasa causa un rompimiento de los carbohidratos almacenados, que se convierten en sustancias azucaradas que sirven como fuente precursora para la síntesis de sacarosa en la madurez completa.

La actividad de la polifenoloxidasa (PPO) se incrementa con la maduración. Dicha actividad no se detecta en estados de inmadurez ni en la madurez fisiológica es decir cuando esta de color verde-amarillo, pero se incrementa en madurez de consumo (máxima madurez) mientras que la pectinesterasa (PE) se presenta más alta en frutos

maduros, es decir, esta enzima va disminuyendo al incrementar la maduración. (Mata y Rodriguez, 2000).

Durante la maduración se ha reportado que la actividad de las enzimas poligalacturonasa y carboximetilcelulosa contribuye al ablandamiento de los frutos debido a la degradación de la pared. (Sañudo 2004).

El fruto de guayaba, pertenece al grupo de los climatéricos, es decir, que pueden cosecharse cuando han alcanzado su pleno desarrollo pero no han empezado a madurar. Su velocidad de respiración aumenta (climaterio) y disminuye gradualmente (Regalado, 1999).

1.4 Patologías del fruto *Psidium guajava*

Las enfermedades causadas por hongos producen en sus hospederos una amplia variedad de tipos diferentes de síntomas. Entre otros, los hongos fitopatógenos pueden producir manchas cloróticas y necróticas, cribados, canchales, tizones, podredumbres húmedas o secas, momias, agallas, abolladuras, costras, ahogamientos, marchitamientos y pústulas.

El clavo de la guayaba, causada por *Pestalotia sp.*, se considera como un problema en ésta y muchas más regiones.

Los síntomas de la enfermedad se manifiesta en la epidermis de frutos jóvenes donde aparecen manchas circulares, levantadas, de consistencia corchosa y de color café, las cuales impiden el desarrollo normal del fruto o bien este se cubre de costras irregulares de color café constituidas por material descompuesto que en casos severos provocan la apertura del mismo.

Los frutos atacados se modifican y se quedan adheridos a la planta. Las hojas presentan manchas de color café brillante tanto en los bordes como en su parte central.

Es una enfermedad que ha adquirido mucha importancia en los últimos años debido a que ocasiona lesiones en los frutos que reducen su valor económico. (Lozano et al., 2002).

Lim Tong y Khoo Khay (citados por Solano, 1999) reporta que la enfermedad del clavo de la guayaba es causada en Malasia por el insecto *Helopeltis* (Hemiptera; Teobromae), el cual perfora el fruto para alimentarse y que en dichas lesiones crece y se desarrolla *Pestalotia* como un hongo secundario.

Algunos investigadores (Cordoba, 1963), consignan al hongo *Pestalotia versicolor* como el agente responsable de la inducción del clavo de la guayaba. Fue identificada por Emil. F. Guba quien, además, hace mención de cinco especies del genero *Pestalotia* que atacan la guayaba. Así mismo, se estableció que no existe ninguna variedad de guayaba resistente a *Pestalotia versicolor*.

En la India donde la enfermedad es considerada como roña, cáncer o enfermedad Blister, se considera que es ocasionada por el efecto de insectos y hongos y se reporta la asociación *Pestalotia psidii*, *Glomerella cingulatum* y *Gnoesporium psidii*, éstos dos últimos se les estima como parásitos débiles, y su daño ocurre después del ataque de la chinche *Heñiopeltus antonii* (Hayes, 1960).

Das (1993), reporto la presencia de un hongo asociado al guayabo y que no había sido consignado con anterioridad en la india y lo identifico como *Pestalotia sapotae*.

Otros estudios con relación a esta enfermedad son los de Tsay (1991) quien aisló e identifico a *Pestalotiopsis psidii* como causante de pudriciones de frutos de guayabo en Taiwan, Ramaswany et al, en 1984 estudiaron la germinación de las esporas de *Pestalotia psidii* y mencionaron que es el responsable del cáncer de la guayaba, en un trabajo posterior (Ramaswany et al, 1988) estudiaron el rango de hospederos de

Pestalotia psidii y de nueva cuenta indicaron que se trata del agente causal del cáncer de la guayaba.

Patel y Patel (1988), reportan a *Pestalotia psidii* como el hongo más frecuentemente aislado de guayabas en postcosecha y que ocasionó pudrición seca y momificación de los frutos atacados.

En México se reporta como agente causal del clavo de la guayaba al hongo *Pestalotia psidii* (Laksminarayana y Moreno, 1978) y a *Colletotrichum gloeosporoides* (González y Perales, 1994).

Nieto (1996) aisló al hongo *Pestalotia psidii* en la región de Uruapan, Michoacán, mas sin embargo al realizar pruebas de patogenicidad en campo no se logró reproducir los síntomas ocasionados por la enfermedad. (García et al 1998) En Sinaloa aislaron a *Pestalotia sp* causando daños en frutos de guayabo en postcosecha, los síntomas que el hongo ocasiono en frutos sanos que fueron inoculados no correspondieron a los ocasionados por el clavo de la guayaba.

Rodríguez et.,al (1975) realizaron investigaciones sobre el control químico de las costras de la guayaba encontrando que el hidróxido cúprico reduce considerablemente la incidencia de la enfermedad.

Burítica (1999) reporta las especies *Pestalotia disseminata* Thuem sobre frutos de guayaba lesionados en Antioquia y Boyaca; así mismo a *Pestalotia versicolor* Speg, *Pestalotia cliftoniae* (Tracy y Earle) y *Pestalotia coccolobae* (Ellis y Everh) atacando hojas y frutos de gayado en los departamentos de Amazonas, Antioquia, Boyaca, Caldas y Santander

CAPITULO 2.- Generalidades del Hongo (*Pestalotia sp*)

2.1. Descripción general de los hongos fitopatógenos

Los hongos son degradadores de materia orgánica por medio del catabolismo de polímeros grandes del ambiente a compuestos orgánicos simples y moléculas orgánicas, liberando nutrimentos que son utilizados por ellos mismos y por otros organismos así como también se liberan exo-enzimas hidrolíticas, para después absorber los productos solubles. (Deacon 1988). Son organismos quimiorganoheterotrofos y emplean compuestos como fuente de carbono y fuente de energía. (Prescott et al 1999).

Los hongos tienen hábitats muy diversos, la mayoría son terrestres y habitan en el suelo desempeñando una actividad importante en la mineralización del carbono orgánico. Se pueden encontrar en el suelo como autóctonos o alóctonos y pueden ser de vida libre o estar asociados con raíces de plantas (micorrizas), cuando se compara a los hongos con las bacterias, en general, los hongos tienen requerimientos nutricionales muy simples, pero su desarrollo es más lento, por lo que requieren mayor tiempo de incubación para su cultivo. Para su aislamiento y cultivo de la mayoría de los hongos se aprovechan ciertas características especiales de ellos, como su tolerancia a pH ácido y su preferencia por medios de cultivo con alta concentración de azúcar fácilmente degradable. Además su resistencia a la penicilina y estreptomina permite usar estos antibióticos, los que al ser agregados a los medios de cultivo reducen el número de bacterias contaminantes. (Atlas y Bartha 1987).

Los hongos requieren un pH bajo para su crecimiento (pH 5), aumentan su presencia en suelos ácidos que en suelos alcalinos. La acidez es característica de muchas turbas (mayor proporción de hongos) especialmente las de grandes altitudes y latitudes. Los hongos adquieren más importancia a medida que drenan los suelos, se secan antes de la cosecha. (Linderman y Paulitz, 1990).

Los hongos saprofitos obligados son aquellos hongos que viven sobre materia muerta y son incapaces de infectar organismos vivos, 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 que solo pueden vivir a expensas del protoplasma vivo se llaman parásitos obligados y a un organismo vivo infectado por un parásito se llama hospedante (Alexopoulos et al 1996, Herrera y Ulloa 1998).

Los deuteromicetos se refieren a los hongos imperfectos, que se encuentran generalmente como saprofitos, pero algunos son parásitos de plantas y animales (Ulloa et al 1978). En esta clase se agrupan aproximadamente 15,000 especies con reproducción asexual, no se ha reportado la reproducción sexual, en ocasiones, cuando se ha logrado descubrir la fase sexual de algunos de los géneros imperfectos, en la mayoría de los casos, ha correspondido a géneros de la clase Ascomycetes, en pocos casos la fase perfecta ha correspondido a un Basidiomycete.

Los deuteromicetos poseen micelio septado y producen esporas asexuales llamados conidios, que se forman en el extremo apical o lateral de una célula esporogénica localizada en el conidióforo. Tanto el conidio como el conidióforo son muy variables en cuanto a forma, tamaño, color, ramificación y al modo en que se producen. Debido a ello, estas dos estructuras son básicas para la identificación de los deuteromicetos. (Ferrera y Alarcon, 2007).

La mayoría de los deuteromicetos tienen un hábitat terrestre, aunque hay unos pocos acuáticos; pueden ser saprofitos o parásitos de plantas, animales y humanos. Se multiplican por fragmentos del micelio o por conidios.

La clase Deuteromycetes tiene cuatro órdenes: Melanconiales, Sphaeropsidales, Moniliales, Agonomycetales.

El de nuestro interés son los de orden melanconiales que se caracteriza por la producción de conidios en acérvulo, que es una estructura en forma de cojinete ubicada bajo la epidermis o la cutícula del hospedero, que se rompe cuando los conidios maduran para permitir su diseminación. (Atlas y Bartha, 1997).

2.2. *Pestalotia sp.*

Es un patógeno secundario, es saprofito en tejidos muertos y es un parásito débil que infecta heridas bajo condiciones húmedas. (Atlas y Bartha, 1987). Su clasificación taxonómica se describe a continuación en la **TABLA 4**.

Pestalotia sp se caracteriza por poseer un sistema enzimático extracelular de carácter no específico capaz de degradar un polímero tan irregular como la celulosa y la lignina, este hongo causa lesiones negras en la cascara del fruto, muy similares en sus estados iniciales a la antracnosis. En las etapas finales las lesiones por *Pestalotia* son más secas y menos hundidas que las de antracnosis. La costra puede llegar a cubrir toda la superficie de la epidermis y no permite la maduración del fruto (Mayorga et,al., 1969).

Ésta es identificada por una necrosis ligera de la cutícula del fruto *Psidium guajava* que en algunos casos semeja un quemado generalizado del fruto de color marrón, tanto en frutos verdes de poco desarrollo como en frutos ya desarrollados y maduros, en ocasiones la necrosis de la cutícula provoca agrietamiento de ésta, aunque internamente el fruto no muestra ninguna alteración apreciable a simple vista. (Luz, et,al., 1997).

Su propagación puede estar determinada por condiciones climáticas (temperatura, viento y lluvias) y de manejo del cultivo, el transporte aéreo de esporas es responsable de la dispersión de enfermedades en plantas a través de distancias de 500km o más (Aylor 1986, citado por Gaztambide, 2005).

Las enfermedades de origen patogénico pueden presentar diferentes tipos de comportamiento epidemiológico. Lozano et.,al. (2002) afirman que el desarrollo de *Pestalotia sp*. Es favorecido por condiciones de alta humedad relativa (> 70%).

El guayabo se comporta mejor por debajo de 1,600 msnm, los arboles por encima de esa altitud alcanzaría algún grado de estrés fisiológico y por ende a ser más susceptibles al ataque de la enfermedad. (Mayorga et al 1969).

Los resultados del de la etiología de la enfermedad no son concluyentes, algunos investigadores (Cordoba 1963), consignan al hongo *Pestalotia versicolor* como el agente responsable de la inducción del clavo de la guayaba. En la india donde la enfermedad se conoce como roña o enfermedad de “Blister” se reporta como agente causal a *Pestalotia psidii*. Otros estudios con relación a esta enfermedad son los de Tsay (1991) quien aisló e identifico *Pestalotia psidii* como causante de pudriciones de frutos de guayabo, Patel y Patel, (1988) reportan a *Pestalotia Psidii* como el hongo más frecuentemente aislado de guayabas en poscosecha y que ocasiono pudrición seca de frutos atacados.

En México se reporta como agente causal del calvo de la guayaba al hongo *Pestalotia sp*, Nieto en 1996 aisló al hongo *Pestalotia Psidii* en la región de Uruapan, Michoacán.

2.3. Aislamiento e identificación del hongo *Pestalotia sp*

Se desinfectan los frutos con hipoclorito de sodio al 1% durante 2 minutos, las lesiones ocasionadas por la enfermedad se desprenden y se siembran en el medio de cultivo PDA (agar papa-dextrosa), de igual manera frutos completos y desinfectados se colocan en cámara húmeda durante 5-7 días, los crecimientos fungosos que se obtienen se siembran en PDA. Los aislamientos obtenidos en ambos casos, se clasifican de acuerdo a sus características morfológicas con la ayuda de claves taxonómicas especializadas. (Barnett y hunter, 1972).

De los aislamientos obtenidos y bien caracterizados se toman rodajas de cuatro milímetros de diámetro se coloca una en cada matraz que contiene 50 ml del medio de cultivo liquido papa-dextrosa-acidificado; enseguida se ponen en agitación constante

durante 5-10 días a 100-200 rpm. Pasado este tiempo el contenido de cada matraz se filtra en manta de cielo con el objeto de separar los conidios del micelio del hongo. Los conidios obtenidos se siembran en cajas de Petri con PDA para así obtener cultivos.

Los crecimientos fungosos son de color blanco-cremoso de aspecto algodonoso que se observa en la parte superior de la caja de Petri, en tanto por debajo presenta una coloración más oscura, cuando el hongo incuba a una temperatura mayor a los 30°C el crecimiento es muy lento. Sobre el crecimiento fungoso y dentro de este, se presentan puntos de color negro brillante y de consistencia dura y algunos de ellos húmedos corresponden a grupos de conidios del hongo. Los conidios son alargados y multiseptados, en su mayoría presentan 3-5 células y las de ambos extremos son hialinas en tanto que el resto del conidio es de color oscuro, estas agrupaciones de conidios se podrían considerar como un acérvulo pero que al crecer en un medio sintético su crecimiento es amorfo y crecen de manera delimitada con el resto del micelio del hongo. Estas características corresponden al género *Pestalotia sp*, según lo indican varios investigadores.

TABLA 4.- Clasificación taxonómica de *Pestalotia sp.*

| CLASIFICACION TAXONOMICA | |
|--------------------------|------------------------|
| REINO | <i>Mycetae</i> |
| DIVISION | <i>Eumycota</i> |
| SUBDIVISION | <i>Deuteromycotina</i> |
| CLASE | <i>Coelomycetes</i> |
| ORDEN | <i>Melanconiales</i> |
| FAMILIA | <i>Melanconiaceae</i> |
| GENERO | <i>Pestalotia sp</i> |

Tomado de: (Ulloa et al 1978).

CAPITULO III.- RELACIÓN ENTRE EL HONGO Y EL FRUTO

3.1. Proceso de infección de *Pestalotia sp* sobre *Psidium guajava*.

El hongo (*Pestalotia sp*) se encuentra latente en frutos inmaduros en estado de apresorio, más tarde este emite su punta infectiva que permanece subcuticularmente hasta que el fruto empieza a madurar o ablandarse, es cuando coloniza el exocarpio y mesocarpio.

El agua (lluvia) es el principal diseminador de conidios del hongo *Pestalotia sp*, estas se desarrollan con la ayuda de mucilago hidrofílico en el que se forman y son arrastrados de las partes vegetativas hasta los órganos florales y frutos.

Se requieren por lo menos cuatro horas de humedad para desarrollar la enfermedad, las lluvias de 2 mm son suficientes para dispersar las conidias. Debe existir una humedad relativa mayor a 95% para que germinen las esporas, se formen el apresorio y se disemine. (Botero et al 1999).

Las ceras que recubren la superficie de los frutos, estimulan la germinación de conidias y la formación del apresorio. Los fragmentos de ácidos grasos y el componente de las ceras más polar producen también algún estímulo en 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).

El estado latente se debe a compuestos antifúngico que inhiben la colonización temprana del fruto como: 1-acetoxi-2-hidroxi-4-oxoheneicos-12, 15 dieno y el 1-acetoxi-2,4-dihidroxi-n-heptadeco-16-eno, en frutos en maduración estos compuestos disminuyen por aumento de la actividad de la enzima lipoxigenasa (Zamora et al 2001) que desencadenen su actividad patogénica.

La colonización del hongo *Pestalotia sp* en el mesocarpio ocurre de manera intracelular y extracelularmente generando conidios que se producen en abundancia sobre acérvulos o de manera libre, luego el salpique de la lluvia y los insectos se encargan de diseminarlos hacia tejidos sanos. (Gonzales, 1985) **(FIGURA 3)**.

Cuando los conidios **(FIGURA 4)** se depositan sobre el tejido susceptible se requiere de suficiente humedad superficial y presencia de heridas para que ocurra la penetración, la alta población de insectos como los llamados Chinchas de encaje, parece estar asociados al incremento en la incidencia de esta mancha foliar, pues la mayor parte de las lesiones se inician a partir de los sitios de alimentación del insecto y se ha demostrado que tienen la capacidad de transportar conidios adheridos a su cuerpo. (Zamora, et, al, 2001).

Conforme los tejidos fueron colonizados por el hongo, los polifenoles rojos y guindas se metabolizaron quedando los primeros dispuestos en las paredes celulares, por lo que las alteraciones fueron más evidentes en la zona dañada. Las alteraciones metabólicas de los compuestos fenólicos ocasionan la muerte celular y está junto con los polifenoles, sean los responsables del color y del límite de la lesión. (Jiménez, 1996).

El proceso de germinación hemibiotrofica inicia en la germinación de la espora adherida al plano vegetal y formación del apresorio para penetrar la superficie vegetal e inyectar el protoplasto fúngico hasta la formación de la hifa primaria con la producción del micelio superficial. (Mercado, 1998).

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 medida que decrece su eficiencia para obtener nutrientes.

Este hongo patógeno (*Pestalotia sp*) se ha adaptado para sobrevivir exitosamente en nuestro medio. Esto lo logra viviendo saprofiticamente en hongos muertos, donde continua produciendo inoculo todo el año, ayudado por la temperatura y humedad características de los trópicos. (Arciga, 2006).

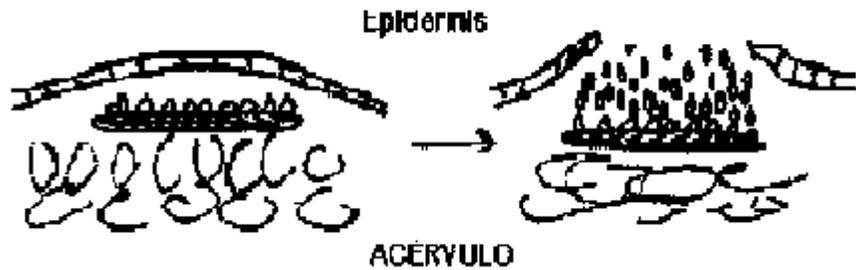


FIGURA No 3.- Producción de conidios en acérvulos de *Pestalotia sp*. Los conidios se producen en acérvulos, consisten de un estroma en forma de plato, cubierto por una capa de conidióforos, el acérvulo se origina bajo la cutícula o la epidermis, que al romperse expone los conidióforos con los conidios en el ápice, estos aparecen embebidos en una masa viscosa. Tomado de: (Introducción a la Fitopatología, 1985).

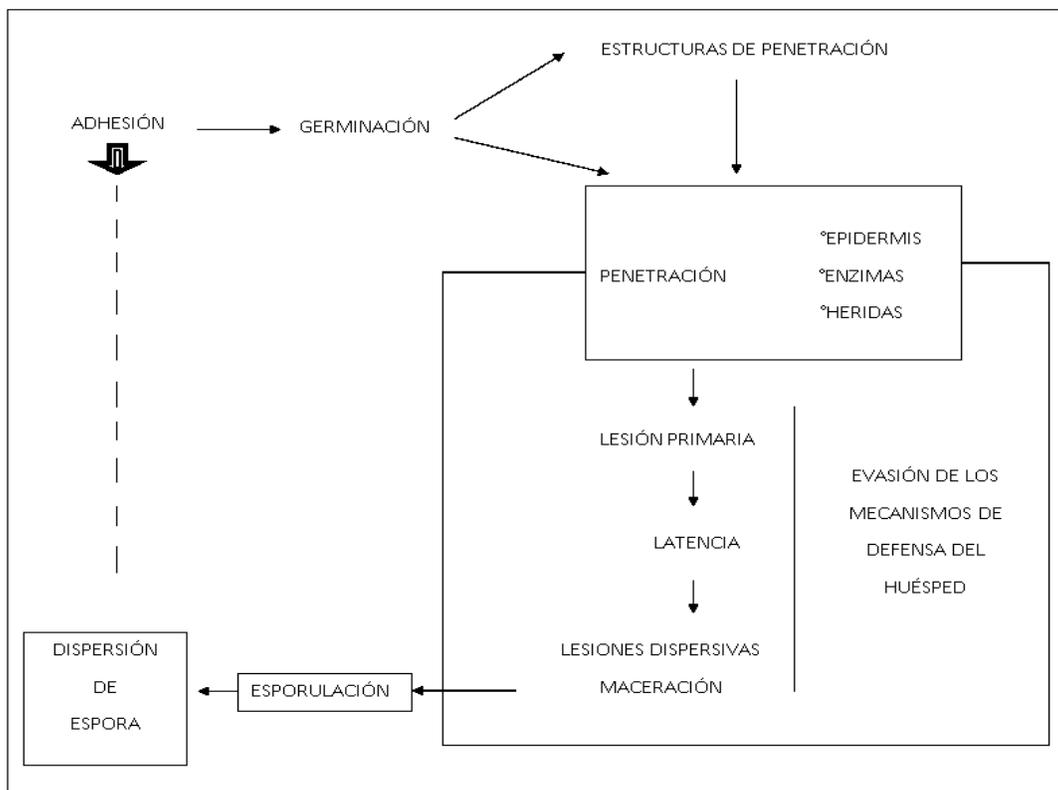


FIGURA No 4.- Ciclo de infección del Hongo *Pestalotia sp*; 1) la adhesión y germinación de las esporas sobre la superficie del huésped; 2) su penetración en el tejido vegetal, bien a través de heridas o de aberturas naturales, bien directamente mediante la participación de distintas actividades enzimáticas o mediante la participación de diversos procesos mecánicos; 3) el establecimiento del patógeno en la zona de penetración, determinando la muerte de las células adyacentes al punto de penetración y dando lugar a la formación de una lesión primaria como consecuencia de la expresión de los mecanismos de defensa de la planta. 4) en muchos casos se inicia entonces una fase de latencia durante la cual los mecanismos de defensa de la planta pueden controlar al patógeno que permanece localizado en áreas de necrosis correspondientes a las lesiones primarias; 5) transcurrido un tiempo, en algunas lesiones primarias el patógeno es capaz de vencer las barreras defensivas de la planta e inicia su diseminación en el tejido vegetal circundante a partir de aquellas, determinando la colonización y la maceración del tejido infectado en un breve periodo de tiempo. Sobre el tejido infectado el patógeno produce una nueva generación de esporas que pueden iniciar un nuevo ciclo de infección.

TOMADO DE: (www.reveroammicol.com/2000-17/S43S46.pdf).

3.2. Degradación celulolítica de *Pestalotia sp*

Los principales polisacáridos de las paredes celulares de las plantas son la celulosa y hemicelulosa.

La celulosa consta de un monómero, la glucosa, unidos por un solo tipo de enlace el β (1-4), es una cadena lineal hasta de 3000 unidades de glucosa (Fennema, 2000; y Mathews *et al.*, 2000). **(FIGURA 5A).**

La estructura de la hemicelulosa es más compleja y variada que la de la celulosa. Son polisacáridos formados por la unión de distintos azúcares, tales como glucosa, xilosa, sacarosa, manosa o arabinosa unidos mediante enlaces glicosídicos β (1-4). La longitud de la cadena de los polímeros de la hemicelulosa puede tener un rango de entre 200 a 500 unidades de monosacáridos. (Nelson, 2000) **(FIGURA 5B).**

La degradación de la celulosa se lleva a cabo por dos enzimas producidas comúnmente por los hongos: la endo- β -glucanasa y la β -glucosidasa

La endo- β -glucanasa, 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. (Fennema, 2000; y Mathews *et al.*, 2000). **(FIGURA 6).**

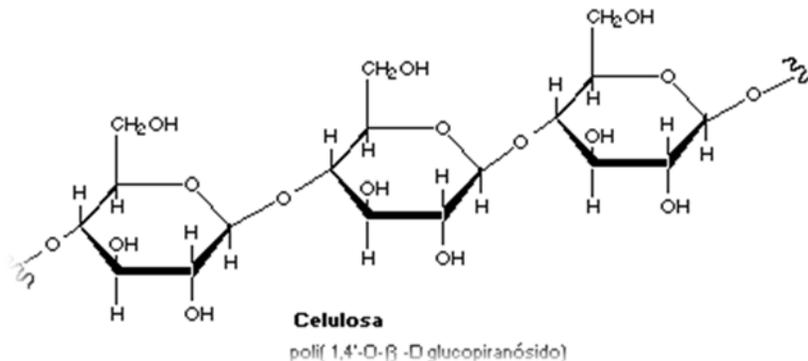


FIGURA 5A.- Estructura química de la celulosa. Principal material que forma las paredes de las células vegetales, su estructura química está formada por la unión de moléculas de *B*-glucosa a través de enlaces *B*-1-4-glucosídico, lo que hace que sea insoluble en agua.

Tomado de:

(<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/macromoleculas/celulosa.gif>)

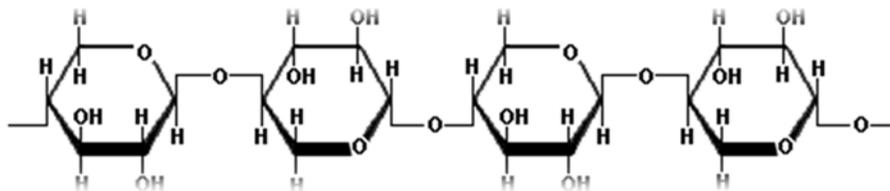


FIGURA 5B.- Estructura química de la hemicelulosa. Forma parte de las paredes de las células vegetales, recubriendo la superficie de las fibras de celulosa, Tomado de:

(<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/macromoleculas/celulosa.gif>)

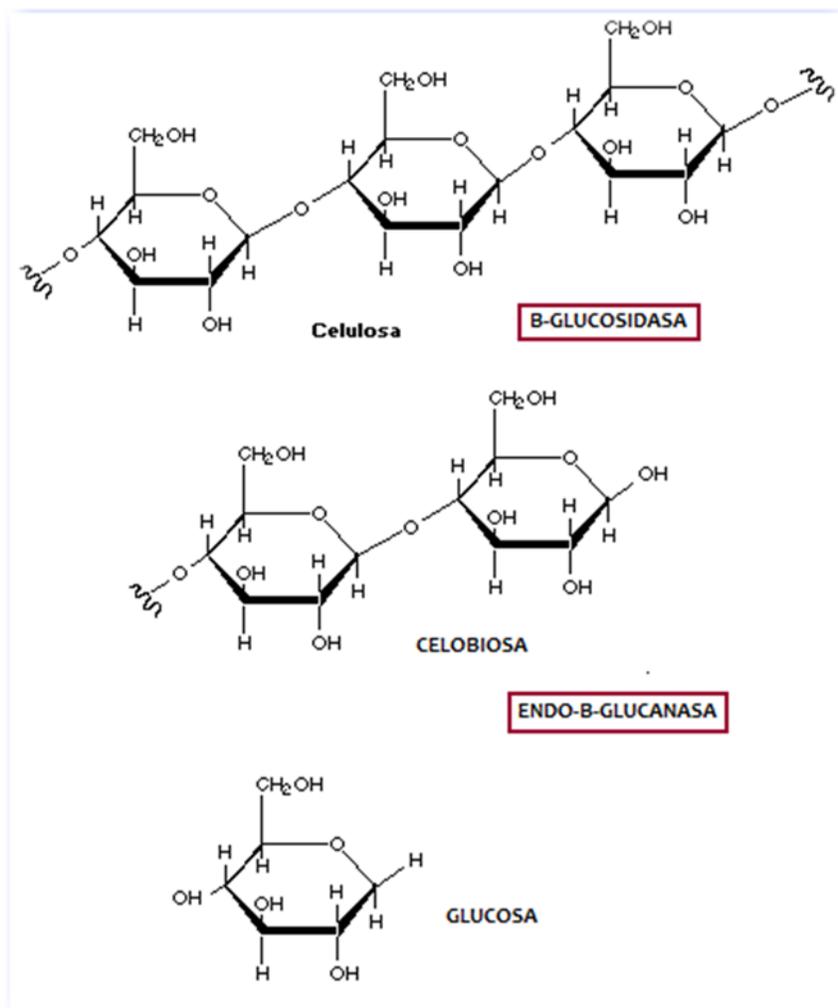


FIGURA No. 6.- Degradación de la celulosa soluble por dos enzimas producidas comúnmente por los hongos. Tomado de: (<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/macromoleculas/celulosa.gif>)

La celulosa cristalina natural requiere una tercera enzima, la $\text{exo-}\beta$ -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 solo se forma en presencia del sustrato, aunque siempre existen una 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 $\text{endo-}\beta$ -glucanasa y la 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).

Durante la maceración patogénica, las enzimas degradan polímeros de la pared para proporcionar al patógeno fuentes de carbono asimilables, los hongos que causan putrefacciones producen enzimas pectinolíticas y celulolíticas.

El complejo celulolítico está integrado por tres actividades enzimáticas: la enzima C1 que libera las cadenas de glucano de la fibra de celulosa, proporcionando el sustrato de la enzima Cx o endoglucanasa que hidroliza los enlaces β -1,4 glucosídicos, dando como productos oligosacárido solubles.

La endoglucanasa puede ser producida por organismos celulolíticos y no celulolíticos, no es capaz de hidrolizar celulosa nativa. Por otra parte, presenta actividad frente a carboximetilcelulosa y otros derivados solubles de celulosa con bajo grado de sustitución.

La enzima exoglucanasa siempre está acompañada de endoglucanasa y libera celobiosa de los glucanos. P-glucosidasa es la actividad que completa el sistema celulasa. No se puede considerar una celulasa propiamente dicha, aunque su

papel es esencial para hidrolizar la celobiosa, que es un fuerte inhibidor de la exoglucanasa. Las actividades (3-1,4 glucanasa y 3-1,3 glucanasa para *Fusarium oxysporum* son siempre significativamente más altas para los aislamientos vasculares que para el responsable de podredumbre, pero no siempre los valores más altos correspondieron con la cepa más virulenta, esto hace pensar que otros factores del hospedero deberán jugar un papel en la manifestación de esa relación (Vazquez et al 1992).

El descubrimiento de la glucosa hidrolizada de la carboximetilcelulosa hizo pensar en el funcionamiento convenido de endo-1,4- β -glucanasa, celobiohidrolasa (exo-1,4- β -glucanasa) y las actividades de glucosidasa colaboro a la obtención de niveles más altos de actividad del celulolítica en medios complementados con glucosa y glutamato.

3.3. MÉTODOS PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD *Pestalotia sp.*

Uno de los métodos de protección es el embolsado de los frutos, que consiste en embolsar frutos en el árbol que estén por debajo de los 30 días de edad y que aparentemente se observen sanos, la bolsa permanece adherida al fruto hasta alcanzar la madurez fisiológica (aproximadamente 100 días), pueden utilizarse 2 tipos de bolsa; la de plástico de color azul o la de papel biodegradable, con el uso de estas alternativas el índice de la enfermedad se puede disminuir hasta un 36 o 41%. (Ramírez, D. 2005). **(FIGURA 7)**.

Debido a que el cultivo es más susceptible al ataque en periodos de transición Verano-Invierno es aconsejable controlar la población de melazas en el lote, para disminuir la humedad relativa, es importante mantener un buen plateo y limpieza alrededor de los árboles para garantizar su desarrollo y disminuir las condiciones de germinación y desarrollo del agente causal de la enfermedad *Pestalotia sp.* (Corpoica, 2011).

Es importante mantener la población de árboles por unidad de superficie (400 árboles por hectárea), para disminuir la competencia por luz, agua y nutrientes, es aconsejable la poda de aquellos árboles improductivos, viejos o enfermos que puedan servir como foco para el desarrollo de esporas de hongo causante de la enfermedad. (Corpoica, 2011).

Para el control químico de esta enfermedad se debe hacer de manera amigable con el medio ambiente. En estudios realizados se encontró que el uso de kasugamycin (ingrediente activo: hexapiranosil-antibiótico) fungicida y bactericida sistémico con actividad curativa y preventiva, evita la germinación de las esporas del hongo, impide la penetración del micelio y controla el crecimiento de las hifas, está dentro de la categoría toxicológica tipo III, clasificado como ligeramente tóxico. (Ramírez, D. 2005).

Este fungicida efectúa un buen control al detener el avance de la enfermedad en frutos ya afectados y al disminuir la incidencia de la misma, así como la protección de los frutos sanos.

La frecuencia de aplicación efectiva se da de manera semanal aplicándose una dosis de 3 ml por litro de agua, hasta 30 días antes de la realización de la cosecha de los frutos, en general para fumigar un árbol de altura promedio de 3 metros se requiere preparar 1.5 litros de solución fungicida. (Ramírez, D. 2005).



FIGURA 7: Frutos embolsados de *Psidium guajava*; Es una de la practicas más versátiles y más recomendada la época de embolsado se recomienda sea antes de los 30 días de edad de *Psidium guajava*.

Tomado de: (Ramírez, J. 2006).

V. CONCLUSIONES

El presente trabajo mostro el estado actual del Cultivo de la Guayaba en el País y en el Estado de Michoacán la problemática que origina el Fitopatgeno *Pestalotia sp*. En donde La producción de guayaba es afectada por varios factores, en especial, el manejo inadecuado del cultivo, (fertilización y riego), y la presencia de enfermedades fúngicas en donde destacan el clavo de la guayaba producido por el hongo fitopatogeno (*Pestalotia sp*).

Pestalotia sp afecta el fruto de la guayaba impidiendo el desarrollo normal del mismo, además de que causa lesiones en el fruto que comprometen su valor en el mercado, lo cual reduce su éxito económico, como producto agrícola en el País y comprometiendo la economía local del Estado de Michoacán en su Zona Oriente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alexopoulos, C. J., Minms and Blackwell, M., (1996). Introductory Mycology 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. United States.
2. Arciga Orozco Laura. Guadalupe., 2006." Capacidad antioxidante en frutos de guayaba (*Psidium guajava*), en tres estados de maduración almacenado en frigorífico". Tesis de Licenciatura Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH Morelia, Michoacán. México. pp 31-33, 41.
3. Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. Primera edición. AGT editor S.A México.
4. Cordoba, V. J, A. 1963. La guayaba. Ministerio de Agricultura de Colombia. Revista 109
5. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 1996. Manejo agrario de la guayaba (*Psidium guajava* L.) y su agroindustria. Barbosa, Santander. s.p. Corpoica, E. E. CIMPA.
6. Das, S. R. 1993. Notes on plant pathogenic fungi on fruit tres hitherto not recorded in Orissa. Orissa Journal of Horticulture 21:89-94
7. Deacon, W. M. (1998). Introducción a la Micología Moderna. 1^{ra} ed. Noriega editores 153-175.
8. Fenneman O. Química de los alimentos. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.;2000
9. Ferrara R., Alarcon A. 2007. Microbiología agrícola. Hongos, Bacterias, Micro y Macrofauna, Control Biológico y Planta-Microorganismo. Primera Edición. Editorial Trillas S.A de C.V. México

10. García, E. R., López, I. E., Allende, R y Cruz, J. 1998. Patógenos de poscosecha en frutos de guayaba cultivados en San Pedro, Navolato, Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología* 16:65.
11. Gaztambide I. 2005. Distribución Vertical y Temporal de *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloeosporoides*) Sobre una siembra comercial de Gandul (*Cajanus cajan* L.). Tesis de Maestro en Ciencias de Biología. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayaguez. Puerto Rico
12. Gonzalez, G. E y Perales de la C.M. 1994. Situación actual de la información sobre el cultivo del guayabo. Programa Nacional de investigación en Guayabo (*Psidium guajava* L.) INIFAP. Campo Agrícola Experimental de los Cañones. Huanusco, Zac. Pp 44-45
13. Hayes, W. B. 1960. The guava and its relatives. Fruit growing in India, Kitterabistan, AllaHabad. Pp 282-299
14. 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
15. Laguado, M. E., Pérez, C. Alvarado y Marín M., 1999. "Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales" *Rev. Fac. Agro (Luz)* 16:382-397.
16. Laksminarayana, S y Moreno, M.A. 1978. Enfermedades y desordenes en la producción y mercado de la guayaba mexicana. Nueva Epoca. Chapingo, Mex. 9:27-33
17. Linderman R. G. and Paulitz T.C. (1990) Mycorrhizal rhizobacterial interactions. In *Biological Control of Soil Borne Plant Pathogens*, ed. D. Hornby, pp. 262-283. CAB International, Wallingford.

18. Lozano, C. *et al.* 2002. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. En: Fruticultura Colombiana. Cali, Colombia: Editorial Lavalle, s.p. Corporación Autónoma del Valle.
19. Marín-Larreal Merylin. 2004. Investigación y Producción del guayabo en Venezuela. Revista del VIII Congreso Venezolano de Fruticultura. Maracaibo Venezuela. pp 126-136.
20. Mata B. I., Rodríguez M. A., 2000. Cultivo y producción del guayabo, Ed. Trillas, México. pp 27-49.
21. Mayorga, M., F. Barrero y G. Rodríguez. 1969. Las costras de la guayaba: Identificación, comportamiento y control del microorganismo que las causa. Tunja, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. 74 p.
22. Mercado S. E., Benito B. P, García V. M. 1998. Fruits Development harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. Post harvest biology and technology. 13:143-1590.
23. Miller G.L 1959 Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31:426-428
24. Nelson. J. L. 2000. Higher Fiber Ingredient. American Association of Cereal Chemist. Minneapolis M. N. USA. pp. 1-7
25. Nieto, A. D. 1996. Fisiología, bioquímica y patógenos en frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.). tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mex. 81p.
26. Patel, G.S., and Patel, R.B. 1988. Market diseases of guava and their control. Indian Journal of Micology and Plant Pathology 18:202-203
27. Pimiento, H.A. 1994. Determinación del grado de madurez de la guayaba *Psidium guajava* L. y medición de los efectos en el bocadillo como producto

- terminado. Tunja, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. 35 p.
28. Prescott, L. M., Harley, J. P. y Klein, D. A. (1999). Microbiología. 4^{ta} ed. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. 539-558.
29. Quijada Ruiz o “Desarrollo tecnológico para el manejo poscosecha de la guayaba en Colombia y Venezuela”. 2005 Informe de Avances Proyecto. Venezuela.
30. Ramaswamy, G.R., Sohi, H.S., and Govindu, H.C. 1984. Studies on spore germination in *Pestalotia psidii*, the causal organism of guava canker. *Indian Journal of Micology and Plant Pathology* 14:289-289
31. Rodríguez, J. y M. González. 1975. Control químico de las costras de la guayaba. Tunja, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia –UPTC. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. 85 p.
32. Saborio D., Saenz M.V. y Arauz F. 2007. Efecto del calcio en aplicaciones Poscosechas sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.)(Sacc) y la Calidad de Frutos de Papaya (*Carica papaya* L.)
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. Teresa Machín de Oñoro, Luko Hilje Q., Carlos... - 1991 - Juvenile Nonfiction Plagas y enfermedades forestales en América Central: Manual de... - Resultado de la Búsqueda de libros de Google; books.google.com.mx/books?isbn=9977570965...

35. Tsay, J.G. 1991. The occurrences of *Pestalotia* rot of bagged guava fruits and screening of fungicides for its control in Taiwan. *Plant Protection Bulletin*. Taipei 33:384-394
36. Ulloa, M. and Hanlin, R. (1978). *Atlas de Micología Básica*. 1^{ra} ed. Editorial Concepto S.A. México 6-14.
37. Vázquez C., Sellek R. y Fernández N. 1992. Enzimas que degradan Paredes Vegetales en *Fusarium oxysporum*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 18:693-698
38. Zamora T., Cárdenas 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.
39. http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/agricultura/fomento/informa_sector/principales_cultivos.html
40. http://www.corpei.org/.../Sondeo_de_Mercado_Smartresearch_final_ed_Lore.doc
41. <http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/...%202001/.../ap06-006.pdf>
42. <http://www.monografias.com/.../aislamiento-in-vitro-hongos-fitopatogenos2.shtml>
43. <http://www.ciad.mx/boletin/mayjun02/mangos.pdf>
44. <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2003/comunicaciones/05.../A-019.pdf>
45. http://www.infoagro.net/shared/.../6_Los_hongos_morfologia_reproduccion.pdf
46. A.B. Sanchez-Urdanela C. colmenares, et.,al. (2007). Morphological characterization of guava fruit. *Revista facultad de agronomia*. Caracas. (24)(2).
47. Pedro, Domingo Farfan, et.,al. (2006). Damage and spatial-temporal distribution of *pestalotia spp.* in guava fruits. *Revista corproica-ciencia y tecnologia agropecuaria*. (7).(2). Pp 89-98.

48. Jose Alberto Zaracua, et.al., (2009). Esquemas de innovación tecnológica y su transferencia en las agroempresas frutícolas del estado de Michoacán. (17)(34), México.
49. Mata B., I. y A. Rodríguez (1990). Cultivo y Producción de guayabo. Ed. Trillas. Pag 160.
50. Luz (1997), *pestalotiopsis psidii* causante de necrosis en fruto de guayabo (*Psidium guajava L*). revista facultad de agronomía. 14: 341-147.
51. <http://web.catie.ac.cr/informacion/RMIP/rev75/MAcosta.pdf>.
52. <http://revistas.luz.edu.ve/index.php/fagro/article/viewFile/10123/9797>.
53. <http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/CD%20Jornadas%202000%20-%202001/Agropecuarias/PDF/ap06-006.pdf>.