



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA**

ETIOLOGÍA Y MANEJO DE LA PUDRICIÓN DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.) EN POSTCOSECHA

MARÍA DOLORES SÁNCHEZ AGUIRRE

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

La presente tesis, titulada: **Etiología y Manejo de la Pudrición de Frutos de Piña (*Ananas comosus* L. Merri) en Postcosecha**, realizada por la alumna: **María Dolores Sánchez Aguirre**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

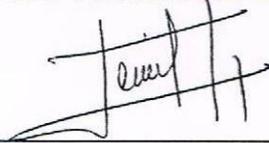
MAESTRA EN CIENCIAS

FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

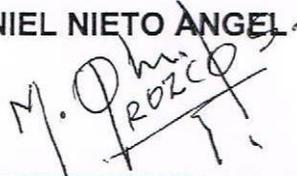
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: _____



DR. DANIEL NIETO ANGEL

ASESOR: _____



DR. MARIO OROZCO SANTOS

ASESOR: _____



M.C. VICTORIA AYALA ESCOBAR

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio 2013.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme las fuerzas necesarias en esta etapa de mi vida

Con gran respeto al Colegio de Postgraduados Campus Montecillos

Al pueblo de México, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme apoyado en la realización de mis estudios de Maestría

A la empresa Productora y Exportadora de piña en Isla Veracruz, por las facilidades brindadas durante el desarrollo de esta investigación.

El mas sincero reconocimiento a los profesores de mi comité académico:

Dr. Daniel Nieto Angel

Dr. Mario Orozco Santos

M.C. Victoria Ayala Escobar

Por todas las atenciones y sus valiosas sugerencias para el desarrollo de mi investigación.

M.C. Miguel Ángel Cruz

C. Oscar Moreno Cernas

Por el apoyo, por todas sus sugerencias y por su amistad incondicional durante este trabajo.

A mis amigos, por los momento de alegría, de enseñanza, de dificultades y sobre todo por la amistad tan grande que encontré en cada uno de ellos.

Celeste, Adriana, Isis, Emma, Aracely

Gabriel, Mario, Erika, Juanito, Lety Nadia

DEDICATORIA

A mis queridos y amados padres

Guadalupe Aguirre Castellanos y Fortino Sánchez Hidalgo

A mi amado esposo

Luis Alfonso Aguilar Pérez

A mi Angelito y encantador regalo que me ha dado Dios:

mi hijo

Luis Eduardo Aguilar Sánchez

A mis queridos y amados hermanos

Bruno, Nacho, Blanca, Osiel y Uriel

Y a toda mi demás familia a Mi suegra, cuñadas, cuñados, a mis abuelitas, mis tías, sobrinos (as) y primos (as).

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS.....	i
INDICE DE CUADROS.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi

CAPITULO I. REVISION DE LITERATURA

Taxonomía.....	1
Botánica.....	1
Variedades.....	5
Ecología del cultivo.....	6
Valor nutricional, medicinal e industrial de la piña.....	7
Importancia del cultivo.....	10
La producción de piña en México.....	12
Problemas fitosanitarios de la piña.....	15
Principales Plagas.....	16
Principales enfermedades.....	17
Daños en Postcosecha.....	21
Tratamiento más usado para el control de enfermedades postcosecha.....	22
Uso de fungicidas en el control de fitopatógenos.....	22
Clasificación de fungicidas.....	23
Estrobilurinas.....	26
Triazoles.....	26
Benzimidazoles.....	27
Imidazoles.....	27
Trifloxystrobin en el control de fitopatógenos.....	27
Uso del Tiabendazol en el control de fitopatógenos.....	28
Prochloraz en el control de patógenos.....	29
Imazalil en el control de patógenos.....	30
Etiología de las enfermedades.....	31
Literatura citada.....	32

CAPITULO II. ETIOLOGIA DE LA PRUDRICION DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus L. Mer*) EN POSTCOSECHA

Resumen	45
Abstract	46
Introducción.....	47
Materiales y métodos.....	50
Resultados y discusión.....	55
Literatura citada.....	64

CAPITULO III SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS DEL AGENTE CAUSAL DE LA PUDRICION DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus L. Merr*) EN POSTCOSECHA

Resumen.....	70
Abstract.....	71
Introducción.....	72

Materiales y métodos.....	74
Resultados y discusión.....	77
Literatura citada.....	87
CONCLUSIONES GENERALES.....	91

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. Aspecto de una planta de piña en campo mostrando la arquitectura de sus hojas, fruto y corona.....	2
Figura 2. Raíces de la planta de piña.....	3
Fig. 3 Clasificación de las hojas (según su posición) en la planta de piña.....	4
Figura 4. Producción mundial de piñas en el mundo.....	10
Figura 5. Principales países exportadores de piñas en el mundo.....	11
Figura 6. Estadísticas de las exportaciones de México.....	12
Figura 7. Estadísticas de la producción de piñas en México.....	13
Figura 8. Ciclo de la fusariosis de la piña causada por <i>Fusarium guttiforme</i> .23.....	21

CAPITULO II

Figura 1. A) Frutos en estado de madurez 1. B) Frutos cubiertos con tela de holganza. C) Heridas hechas a los frutos. D) Palillo impregnado con conidios. E) Introducción del palillo en el fruto impregnado con masas de conidios. F) Inoculación del testigo.....	54
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Figura 2. Síntomas de frutos de piña. A) Síntomas iniciales en el pericarpio. **B)** Síntomas iniciales en la pulpa. **C)** Síntomas avanzado donde se observa la mancha de color café obscura. **D)** Síntoma en la pulpa donde se empieza observar el colapso. **E)** Fruta afectada severamente. **F)** Maceración completa de los tejidos. **G)** Micelio de color rosa pálido en los tejidos lesionados..... 57

Figura 3. Colonias de las especies de *Fusarium* desarrolladas en medio de cultivo PDA. A) Colonia de *Fusarium verticillioides* **B)** Colonia de *Fusarium subglutinans* **C)** Colonia de *Fusarium oxysporum*..... 58

Figura 4. Síntomas producidos por las inoculaciones de las tres especies de *Fusarium* en frutos de piña. A) Síntomas provocados en la prueba de patogenicidad por *Fusarium oxysporum*. **B)** Síntomas provocados en la prueba de patogenicidad por *Fusarium subglutinans*. **C)** Síntomas provocados en la prueba de patogenicidad por *Fusarium verticillioides*. **D)** Testigo en las prueba de patogenicidad..... 58

Figura 5. Volumen de pudrición de frutos de piña inducidos por tres aislamientos de *Fusarium* a 15 días de inoculados por heridas en condiciones de laboratorio..... 59

Figura 6. Características morfológicas. **A)** *Fusarium verticillioides* monofialides y cadenas largas de conidios. **B)** *Fusarium subglutinans* polifialides y conidios en falsas cabezas. **C)** *Fusarium oxysporum* clamidosporas y micro y macro conidios..... 62

Figura 7. Gel de agarosa al 1.5% mostrando amplificación con los *primers* ITS 4/ITS 5. M: Marcador de peso molecular 1Kb. Carriles:(1,2) A, (3,4) B, (5,6) C, (7,8) D, (9) control negativo..... 63

CAPITULO III

Figura 1. 1) Colonia color naranja de *Fusarium* sp; **2)** Estructuras microscópicas; **A)** Polifialides y conidios en falsas cabezas estructuras de

Fusarium subglutinans; **B)** Cadenas de conidios y monofialides, estructuras de *Fusarium verticillioides*; **C)** Clamidosporas, micro y macroconidios, estructuras de *Fusarium oxysporum*..... **77**

Figura 2. **A)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con procloraz. **B)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con procloraz. **C)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con procloraz. **D)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con Tiabendazol. **E)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con tiabendazol. **F)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con tiabendazol. **83**

Figura 3. **A)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con imazalil. **B)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con imazalil. **C)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con imazalil. **D)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con trifloxystrobim. **E)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con trifloxystrobim. **F)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con trifloxystrobim..... **84**

Figura 4. **A)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con triadimefon. **B)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con triadimefon. **C)** Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con triadimefon..... **85**

Figura 5. Crecimiento micelial *in vitro* de los aislados BL, NA y MO en medio de cultivo PDA + Fungicidas a diferentes concentraciones.
A) Aislado BL (*F. oxysporum*) + Fungicidas a diferentes concentraciones.
B) Testigo BL (*F. oxysporum*). **C)** Aislado MO (*F. moniliforme*) + Fungicidas a diferentes concentraciones. **D)** Testigo de MO (*F. moniliforme*). **E)** Aislado NA (*F. subglutinans*) + Fungicidas a diferentes concentraciones. **F)** Testigo de NA (*F. subglutinans*)..... **86**

INDICE DE CUADROS

CAPITULO I

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la piña (<i>Ananas comosus</i> L. Merrill).....	1
Cuadro 2. Contenido de nutrientes de la piña comparada con manzana, naranjas y bananas (Valor por cada 100 gramos de porción comestible de la fruta cruda).....	9
Cuadro 3. Producción de piña en México.....	13
Cuadro 4. Producción de piñas en el Estado de Veracruz.....	14
Cuadro 5. Tipos de fungicidas por su nivel de toxicidad.....	24
Cuadro 6. Tipos de fungicidas por su naturaleza química, momento de aplicación y sitio de aplicación.....	24
Cuadro 7. Tipos de fungicidas por su modo de acción a nivel hospedante y patógeno.....	25

CAPITULO III

Cuadro 1. Fungicidas evaluados para el control de la “pudrición de frutos de piña en postcosecha”	75
Cuadro 2. Patógenos causantes de la pudrición de frutos de piña y concentración letal 50 y 90 mg.L ⁻¹	79
Cuadro 3. Comparación de medias de las CL ₅₀ y CL ₉₀ de los fungicidas evaluados	80
Cuadro 4. Comparación de medias de la sensibilidad de los aislados a la CL ₅₀ y CL ₉₀ de los fungicidas evaluados.	80

ETIOLOGÍA Y MANEJO DE LA PUDRICIÓN DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.) EN POSTCOSECHA

MARÍA DOLORES SÁNCHEZ AGUIRRE, MC.

Colegio de Postgraduados, 2013

En el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) desde el 2011 se ha estado presentando una enfermedad de frutos en postcosecha de etiología desconocida, en el estado de Veracruz, México. *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides* (sin. *Fusarium moniliforme*) y *Fusarium oxysporum*, identificados cultural, morfológica y molecularmente, se asocio con este problema en 84% de los aislamientos obtenidos de pudrición de frutos. Se realizaron pruebas de patogenicidad en frutos de piña en estado de madurez 1 de la variedad MD2. Los frutos mostraron la pudrición, caracterizada inicialmente la presencia de pequeñas manchas irregulares de color café claro en el pericarpio de los frutos, conforme avanza la enfermedad la mancha irregular se torno de color café oscuro, misma que al avanzar el tejido afectado esta adquirió una apariencia flácida y húmeda. El estudio de patogenicidad confirmo a *F. subglutinans*, *F. verticillioides* y *F. oxysporum* como agentes causales de la pudrición de frutos de piña en postcosecha. Se realizaron pruebas *in vitro* de los fungicidas triadimefon, trifloxystrobim, tiabendazol, procloraz e imazalil para la inhibición del crecimiento micelial de *F. subglutinans*, *F. verticillioides* y *F. oxysporum*. Imazalil y procloraz fueron los mas efectivos con valores de $CL_{50} < 0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, seguido de tiabendazol y trifloxystrobim con valores de $CL_{50} < 1.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Palabras claves: Pudrición *F. subglutinans*, *F. verticillioides* y *F. oxysporum*, fungicidas.

**ETIOLOGY AND MANAGEMENT OF FRUIT ROT PINEAPPLE (*Ananas comosus* L.
Merr.) POST-HARVEST**

MARÍA DOLORES SÁNCHEZ AGUIRRE, MC.

Colegio de Postgraduados, 2013

In the cultivation of pineapple (*Ananas comosus* L. Merri) since 2011 has been presenting a postharvest fruit disease of unknown etiology, in the state of Veracruz, Mexico. *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides* (syn. *Fusarium moni* → *liforme*) and *Fusarium oxysporum*, identified culturally, morphologically and molecularly, was associated with this problem in 84% of the isolates from fruit rots. Pathogenicity tests were conducted on pineapple fruit at maturity 1 MD2 variety. The fruits showed decay, initially characterized the presence of small irregular spots of dark brown in the pericarp of the fruit, as I go spot disease irregular dark brown around, same as to move the affected tissue is acquired appearance flaccid and moist. The study confirmed pathogenicity to *F. subglutinans*, *F.* and *F. verticillioides oxysporum* as causal agents of fruit rot of pineapple in postharvest. In vitro tests were conducted on fungicides triadimefon, trifloxystrobim, thiabendazole, prochloraz, and imazalil for inhibiting the mycelial growth of *F. subglutinans*, *F. verticillioides* and *F oxysporum*. Imazalil and prochloraz were the most effective with LC50 values $<0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, followed by thiabendazole and trifloxystrobim with LC50 values $<1.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Key words: Rot, *F. subglutinans*, *F. verticillioides* and *F oxysporum*, fungicides

CAPITULO I. REVISION DE LITERATURA

Generalidades de la piña (*Ananas comosus* L. Merr.)

Origen

La piña es originaria de las zonas tropicales de Brasil. A la llegada de los españoles, estos encontraron la piña ya domesticada y ampliamente cultivada por los aborígenes, los cuales sembraban varios tipos y por su forma le recordaba la fruta del pino y la nombraron piña. Aunque su verdadero nombre de origen Guaraní, es Ananá, de donde proviene su nombre científico (Bartholomew *et al.*, 2002). En 1535 fue introducido a España y a fines del siglo XVII era conocida en la mayoría de las regiones tropicales del mundo. En Europa se le cultivaba en invernaderos hasta que comenzaron a llegar los frutos importados. Hoy en día se cultiva en todas las regiones tropicales del mundo

Taxonomía

La piña es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las Bromeliáceas, de los cuales existe cerca de 50 géneros y alrededor de 2000 especies, de la mayoría son xerofitas epífitas, por lo que pueden vivir sobre otras plantas. Todos los tipos cultivados de la piña pertenecen al género *Ananas* y en particular a la especie comestible *comosus* (INIFAP, 1998).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la piña (*Ananas comosus* L. Merrill)

Reino	Vegetal
División	Monocotiledóneas
Clase	Liliopsida
Orden	Bromeliales
Familia	Bromeliácea
Género	<i>Ananas</i>
Especies	Comosus

Fuente: Jiménez (1996)

Botánica

Raíces: El crecimiento de la planta de piña (Figura 1) se asocia a dos tipos de raíces: las del suelo y las axiliares o adventicias.

El sistema de raíces del suelo, proviene de la base del tallo, tiene una extensión lateral de 1 a 2 m, y penetra al suelo a una profundidad de hasta 80 cm, aun cuando la mayoría se encuentra en los primeros 30 cm (Figura 2). Un vástago recién sembrado, inicia su enraizamiento 20 días después de su siembra, con alrededor de 40 raíces, en función del crecimiento de la parte aérea, hasta llegar alrededor de 130, poco antes de la etapa de floración. La planta absorbe la mayoría del agua y sales minerales a través de los pelos microscópicos desarrollados en los extremos de estas raicillas; por ello, si están dañadas o muertas afectan severamente la absorción de agua y nutrimentos (Rebolledo *et al.*, 2011; Benzing, 1980; Azco y Talon, 1993).

Arriba del nivel del suelo, las raíces adventicias se desarrollan en las axilas de las hojas, probablemente como respuesta a la acumulación del agua en la base de las mismas, por el rocío, lluvia o irrigación. Alcanzan a penetrar dentro del suelo, cuando las hojas viejas mueren o declinan. Las que se inician en los niveles más altos, se alargan dentro de las hojas y se extienden varios centímetros alrededor del tallo. Estas raíces absorben gran parte del agua y de los agroquímicos aplicados, sobre todo cuando se aplican vía foliar (Rebolledo *et al.*, 2011).



Figura 1. Aspecto de una planta de piña en campo mostrando la arquitectura de sus hojas, fruto y corona.

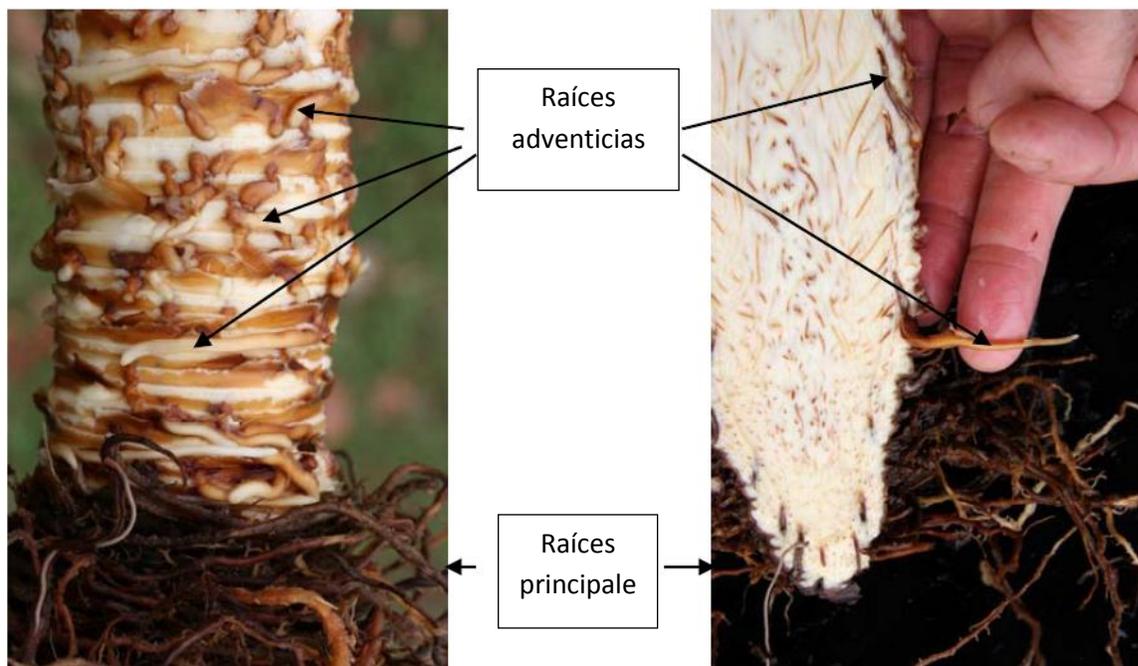


Figura 2. Raíces de la planta de piña

Tallo: Es relativamente corto y grueso, mide de 25 a 30cm de largo por 2.5 a 3.5 cm en su base; el meristemo produce de 70 a 80 hojas. Compuesto esencialmente de xilema y de una pequeña cantidad de floema, esta perforado por aberturas que dan paso a los haces vasculares que sirven a las hojas (Py e Tisseau, 1969). El tallo esta anclado al suelo por medio del sistema radicular, desarrollado mide hasta 80-100 mm de diámetro; posee yemas para el desarrollo de retoños y raíces (Jiménez, 2006).

Hojas: La planta adulta presenta de 70 a 80 hojas dispuestas en rosetas en el cual las más jóvenes se encuentran en el centro. Presentan un recubrimiento de una serosidad blanco-plateada constituida de tricomas, mismos que pueden presentar un papel importante en la absorción del agua o soluciones nutritivas (Figura 3). En los surcos se localizan los estomas (Py y Tisseau, 1969). Las hojas poseen venas paralelas y tienen espinas, excepto en cayena lisa; sin embargo, posee el gen recesivo de espinas que puede manifestarse en situaciones de estrés (Jiménez, 2006).

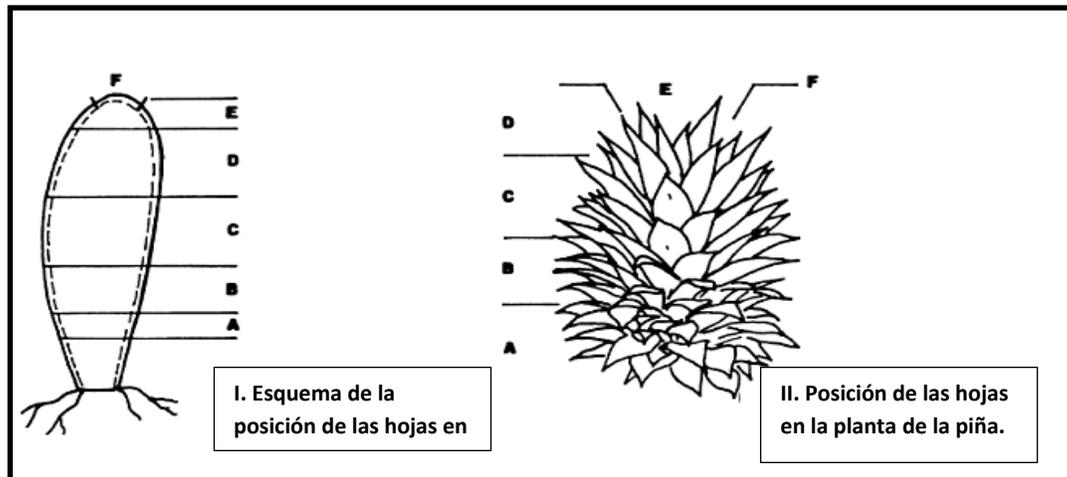


Fig. 3 Clasificación de las hojas (según su posición) en la planta de piña.

Hojas A: Hojas que en el momento de separar el retoño están ya totalmente desarrolladas.

Hojas B: Son las que en tal momento no han terminado aún su crecimiento.

Hojas C: Estas son las más viejas producidas después de la implantación del retoño; la única restricción que presenta su limbo es la del “cuello” de la base o cuello basal.

Hojas D: Son las hojas adultas más jóvenes, lo que equivale a decir que, llegada a esta fase, la hoja ha terminado prácticamente su crecimiento. En medio favorable, son las más largas de la planta.

Hojas E: Están fijadas sobre la espaldilla del tallo: tienen una forma lanceolada típica, pero con una base en los bordes ligeramente “convergentes” cuya anchura no excede de la mayor del limbo.

Hojas F: Son las hojas jóvenes de la roseta visible exteriormente su anchura máxima se sitúa entre el tercio y la mitad de su altura; los bordes del limbo de su base son claramente convergentes.

Con excepción de las más jóvenes, las hojas del ananás tienen característica forma de canalón, lo que aumenta su rigidez y permite que la planta recoja en su base toda precipitación que se produzca, incluso un simple rocío.

Pedúnculo: Es la prolongación del tallo que se desarrolla cuando la planta completa su crecimiento vegetativo; se manifiesta por un engrosamiento del tallo en su meristemo terminal, después de un periodo corto en el cual se había estrechado; en este momento se inicia la diferenciación del pedúnculo, en cuyo extremo apical se desarrolla la inflorescencia que dará origen al fruto (Rebolledo *et al.*, 2005).

Flor: La flor da origen a un fruto individual llamado baya; es hermafrodita del tipo trímera, es decir con tres sépalos, tres pétalos y seis estambres situados en dos verticilos y un pistilo con ovario ínfero. Las flores están dispuestas en espiral alrededor de un eje o “corazón”, que es la prolongación del pedúnculo. El numero de flores por espiral varia mucho; se considera un total de 100 a 200 flores en las ocho espirales que conforman el fruto compuesto. Son autoestériles, pero puede producirse fecundación y formación de semillas, por polinización cruzada con otras variedades o individuos “fuera de tipo”, lo cual es comercialmente indeseable (Rebolledo *et a.*, 1998).

Fruto: Se forma por partenocarpia natural, es decir, sin la fecundación de óvulo y por lo tanto sin la formación de semilla; después de la antesis, todas las piezas florales contribuyen a formar el fruto partenocárpico, excepto el estilo, los estambres y los pétalos, los cuales se marchitan. Botánicamente el fruto es una sorosis; constituido por un eje carnoso o corazón, del cual parten las flores que son concrecentes (se fusionan entre sí) durante el desarrollo del fruto. Las brácteas y los carpelos se unen al eje para constituir el conjunto comestible. En la parte exterior se localizan las cavidades de los ovarios protegidos por el cáliz que forma la cáscara, en la parte superior del fruto se localiza la corona, la cual se desarrolla mientras dura la formación del fruto después entra en estado de letargo y sólo reanuda su desarrollo cuando se separa del fruto y se establece en algún medio de cultivo (Bartholomew *et al.*, 1977; Rebolledo *et al.*, 2011).

Variedades

Se sugieren variedades del grupo Cayena, como la Cayena Lisa y la Champaka, las cuales por sus características, son las mas cultivadas y con mayor demanda a nivel

mundial; sus hojas tienen pocas espinas, por lo que se facilita el manejo del cultivo; el fruto es cilíndrico con bayas planas de 2.5 centímetros de diámetro; la pulpa de color pálido amarillo dorado, con un contenido promedio de 13% de sólidos solubles y 0.6% de ácido cítrico, lo cual le confiere un sabor universalmente apreciado; el peso promedio del fruto es de 2.5 kg (Rebolledo, *et al* 1998).

Para la región (Veracruz) puede utilizarse cualquiera de los materiales mencionados. En las principales y más tecnificadas regiones piñeras del mundo, la variedad Cayena Lisa tradicional, va siendo desplazada rápidamente por la Champaka, debido a que esta última ha demostrado superioridad en: consistencia y densidad del fruto, contenido de azúcares, entre otras características.

Actualmente y con gran éxito a nivel comercial, el híbrido MD-2, está siendo explotado por una de las principales regiones del mundo; es el genotipo principal plantado para la exportación en fresco, su pulpa es firme, de color amarillo intenso tornándose hacia el anaranjado fuerte, con un sabor diferente al de Cayena Lisa convencional: la forma de la fruta es completamente cilíndrica, contiene menos rafidios, lo que evita daños o laceraciones en la superficie de la lengua cuando se consume en fresco. La planta es más susceptible a las floraciones naturales y a la pudrición del cogollo y raíz. En las condiciones actuales de mercado internacional, esta fruta alcanza mayor precio (Rebolledo *et al.*, 2011).

Ecología del cultivo

Precipitación pluvial media anual de 1,000 a 1,800 mm, preferentemente bien distribuida. En localidades donde ocurren más de tres meses con menos de 60 mm de lluvia se reduce la probabilidad de obtener cosechas abundantes y de calidad durante todo el año. Tecnologías como el riego, acolchado plástico y malla-sombra, disminuyen el efecto negativo de los periodos considerados secos (Jiménez, 2006).

Temperatura media anual promedio de 24 a 25°C, con valores extremos absolutos que no bajen de los 20°C, ni excedan los 35°C. Cuando ocurran, como es frecuente en las regiones piñeras de México, se pueden prevenir y así amortiguar sus secuelas

mediante tecnologías como la malla-sombra, el acolchado plástico y el riego (Jiménez, 2006).

Pendiente, preferentemente, menor al 6% o condicionada a la aplicación estricta de prácticas de control de la erosión que incluyen el uso de camas con pendiente controlada, drenes, canales de desagüe y acolchado plástico total (Jiménez, 2006).

Vientos frecuentes no mayores a 50 km/h, o en su ocurrencia, procurar la protección de las plantaciones con malla-sombra para reducir sus efectos negativos sobre plantas y frutos (Jiménez, 2006).

Altitudes de hasta 250 metros, aunque en alturas mayores (hasta de 500 metros), sin excesos de nubosidad, existe la posibilidad de producir frutas de calidad aceptable (INIFAP, 1998).

Suelos con muy buen drenaje y profundidad de más de 1 metro, con textura arenosa, migajón-arenoso o migajón areno-arcilloso y pH entre 4.5 y 5.5. Valores mayores de pH, resultan en alta incidencia de pudriciones de raíz y cogollo por hongos del género *Phytophthora* spp, especialmente en este híbrido que es doblemente susceptible en comparación con el clásico Cayena lisa (Jiménez, 2006).

Valor nutricional, medicinal e industrial de la piña

La composición de la parte comestible del fruto de la piña presenta variaciones relacionadas con el manejo de la plantación, ambiente y grado de madurez. Tiene un contenido de agua del 81 a 86%, quedando el restante 14 a 19% como sólidos totales: de ellos la sacarosa, glucosa y fructuosa son los principales componentes, con valores de 11 a 17 °Bx; en conjunto los carbohidratos representan hasta el 85% de los sólidos totales y la fibra, del 2 al 3%. Esta libre de grasas y colesterol. Es rico el calcio potasio, fósforo, silicio, magnesio y cobre. Entre sus componentes nutritivos importantes figuran su alto contenido de vitamina C, vitamina A y el complejo B. De los ácidos orgánicos, el cítrico es el más abundante, con cantidades que varían entre 0.4 a 1.2%. La pulpa se caracteriza por la presencia de bajas cantidades de cenizas y compuestos nitrogenados en 0.01%. Del 25% al 30% de los compuestos nitrogenados corresponden a la proteína, de la que casi el 80% tiene actividad enzimática

proteolítica, y es conocida como bromelina, la cual se utiliza entre otras cosas como ablandadora de carnes.

Además de su sabor agradable, a la piña se le atribuyen cualidades medicinales y terapéuticas que benefician a los consumidores de cualquier edad; entre ellas destacan:

- a) por la actividad de la enzima proteínica bromelina, cuya acción se relaciona con la secreción de sustancias pancreáticas, los alimentos son mejor asimilados cuando entran al sistema digestivo, ayudando a regular la acidez normal del estomago.
- b) acelera la desintoxicación del organismo, contribuye a deshacer coágulos sanguíneos, aumenta el poder de los antibióticos, actúa como desinflamatorio en el caso de artritis reumatoide, acelera la restauración de los tejidos y ayuda en el tratamiento contra celulitis y obesidad.
- c) sus contenidos de ácido cítrico y málico contribuyen al buen funcionamiento de los riñones, controlando incluso la albuminuria, estimula la producción de colágeno y ayuda a mantener sana la piel.
- d) ayuda a los tratamientos de resfriados, dolor de la garganta y bronquitis, al disolver la mucosidad formada.
- e) esta reportado que su consumo frecuente disminuye la incidencia de caries, piorrea, cáncer de colon, diabetes y hay claras evidencias de que aumenta el deseo sexual y actúa como antioxidante, eliminando los radicales libres (León, 2000).

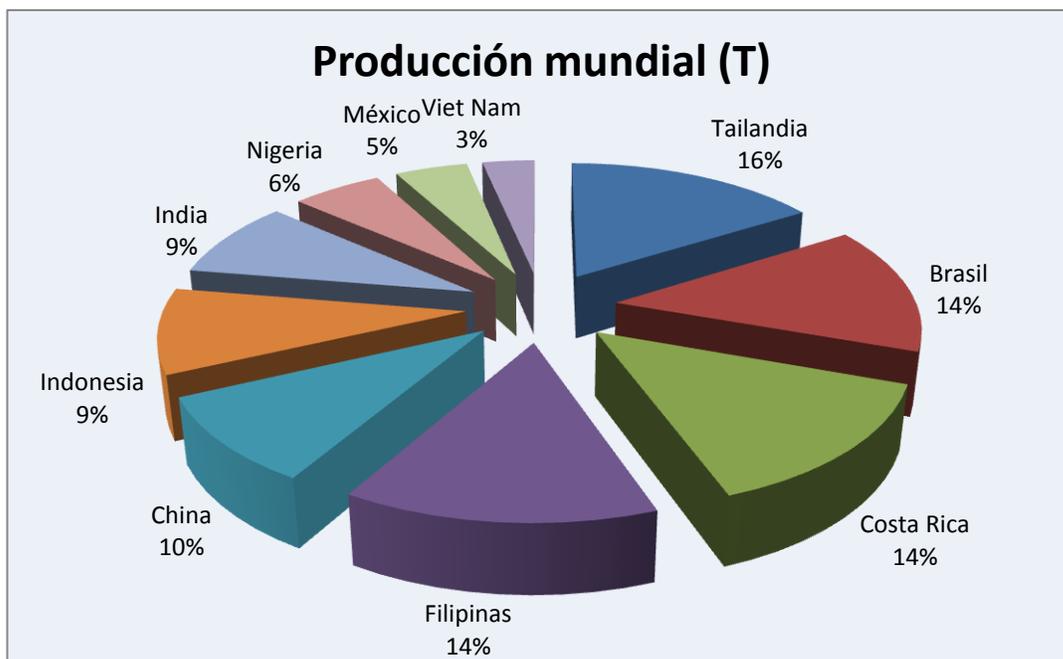
La siguiente tabla ofrece los datos publicados sobre el contenido nutricional de las piñas por el Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA, 2009). A efectos comparativos también se presenta el contenido de las manzanas, las naranjas y los plátanos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de nutrientes de la piña comparada con manzana, naranjas y bananas (Valor por cada 100 gramos de porción comestible de la fruta cruda).

NUTRIENTE	PIÑA, VARIEDAD CAYENA LISA (USDA,2009)	PIÑA, VARIEDAD MD2 (USDA,2009)	MANZANA (USDA, 2009)	NARANJA (USDA, 2009)	BANANO (USDA, 2009)
Porción no comestible	42% (corazón, corona, cascara)	49% (corazón, corona, cascara)	23% (corazón & pedunculo, cascara)	27% (cacara y semilla)	36% (cascara)
Agua	87g	86g	87g	87g	75g
Energía	190 KJ	215 KJ	200 KJ	197 KJ	371 KJ
Proteína	0.55g	0.53 g	0.27 g	0.94 g	1.09 g
Lípidos totales (grasos)	0.13 g	0.11 g	0.13 g	0.12 g	0.33 g
Carbohidratos	11.82 g	13.50 g	12.76 g	11.75 g	22.84 g
Fibra (Total dietética)		1.4 g	1.3 g	2.4 g	2.6 g
Azucares totales	8.29 g	10.32 g	10.10 g	9.35 g	12.23 g
Sacarosa	4.59 g	6.47 g	0.82 g		2.39 g
Glucosa (dextrosa)	1.76 g	1.70 g	3.25g		4.98 g
Fructuosa	1.94 g	2.15 g	6.03 g		4.85 g
Almidón					5.38 g
Calcio	13 mg	13 mg	5 mg	40 mg	5 mg
Hierro	0.25 mg	0.28 mg	0.07 mg	0.10 mg	0.26 mg
Magnesio	12 mg	12 mg	4 mg	10 mg	27 mg
Fosforo	9 mg	8 mg	11 mg	14 mg	22 mg
Potasio	125 mg	108 mg	90 mg	181 mg	358 mg
Sodio	1 mg	1 mg	0	0	1 mg
Zinc	0.08 mg	0.12 mg	0.05 mg	0.07 mg	0.15 mg
Cobre	0.081 mg	0.113 mg	0.031 mg	0.045 mg	0.078 mg
Magnesio	1.593 mg	0.818 mg	0.038 mg	0.025 mg	0.27 mg
Vit. C (Ac. ascorbico T)	16.9 mg	56.4 mg	4.0 mg	53.2 mg	8.7 mg
Vit. B1 Tiamina	0.078 mg	0.080 mg	0.019 mg	0.087 mg	0.031 mg
Vit. B2 Riboflavina	0.029 mg	0.033 mg	0.028 mg	0.040 mg	0.073 mg
Vit. B3 Niacina	0.47 mg	0.507 mg	0.091 mg	0.282 mg	0.665 mg
Acido Pantotetico	0.193 mg	0.217 mg	0.071 mg	0.25 mg	0.334 mg
Vit. B-6	0.106 mg	0.114 mg	0.037 mg	0.060 mg	0.367 mg
Folato	11 mcg	19 mcg	0	30 mcg	20 mcg
Colina	5.6 mg	5.4 mg	3.4 mg	8.4 mg	9.8 mg
Vit. A, IU	52 IU	57 IU	38 IU	225 IU	64 IU
Beta caroteno	31 mcg	34 mcg	17 mcg	71 mcg	26 mcg
Vit. E (Alfa-tocoferol)		0.02 mg	0.05 mg	0.18 mg	0.10 mg
Vit. K (filoquinona)	0.7 mcg	0.7 mcg	0.06 mcg	0	0.5 mcg

Importancia del cultivo

La piña ocupa el tercer lugar en producción mundial de los frutales tropicales, solo superada por cítricos y plátano (Quijandría *et al.*, 1997). La producción mundial de piña está ampliamente dominada por cinco países: Tailandia, Brasil, Costa Rica, Filipinas y China, ya que en suma, su producción es de más del 50% del total producido. México se ubicó en la novena posición (Figura 4) del ranking mundial con un 5% de la producción en los últimos cuatro años (FAOESTAT, 2013).

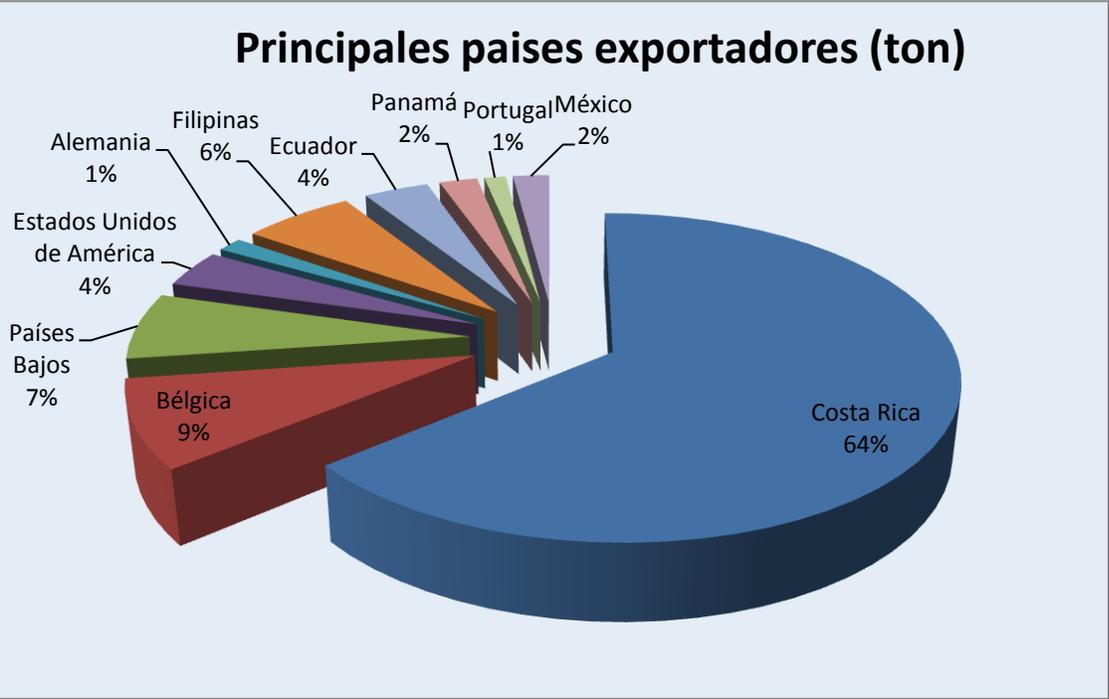


FUENTE: FAOSTAT | © FAO Dirección de Estadística 2013 | ENERO 2013

Figura 4. Producción mundial de piñas en el mundo

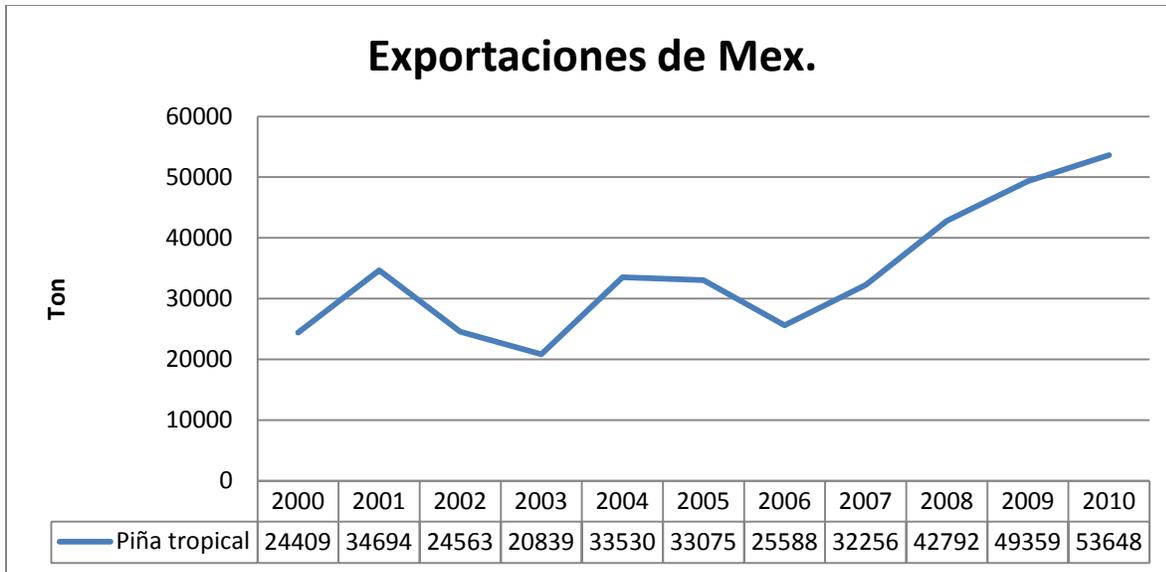
De acuerdo a la FAOSTAT (2013), en el año 2010 la exportación de piña fue de 2 907 985 toneladas, de las cuales Costa Rica fue el mayor exportador, seguido de Bélgica y Países Bajos (Figura 5). Más de la mitad de la exportación mundial (90%) fueron exportadas por cinco países: Costa Rica (64%), Bélgica (9%), Países Bajos (7%), Filipinas (6%), Estados Unidos de América (4%) y México registro el (2%). Las exportaciones de México en base a las estadísticas han tenido altas y bajas, pero en

los últimos años se han comportado mas estables y las exportaciones han incrementado (Figura 6).



FUENTE: FAOSTAT | © FAO Dirección de Estadística 2013 | ENERO 2013

Figura 5. Principales países exportadores de piñas en el mundo



FUENTE: FAOSTAT | © FAO Dirección de Estadística 2013 | ENERO 2013

Figura 6. Estadísticas de las exportaciones de México

La producción de piña en México

En México la producción de piña registra una tendencia al alza: mientras en 2007 se tuvo una producción de 671, 130.50 toneladas, al cierre de 2009 esta cifra se ubicó en 749, 395.58 toneladas, lo que representa un aumento de 78, 265 toneladas en los últimos dos años (Figura 7) (SIAP, 2013). Para el año 2011 la producción nacional fue de 742,926.34 toneladas, cultivadas en 36,687.13 hectáreas pertenecientes a 12 entidades federativas (Cuadro 3).



FUENTE: FAOSTAT | © FAO Dirección de Estadística 2013 | ENERO 2013

Figura 7. Estadísticas de la producción de piñas en México.

Cuadro 3. Producción de piña en México

Ubicación	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
CHIAPAS	346	341	5,174	15	3,846	19,897
COLIMA	169	160	7,680	48	1,773	13,615
GUERRERO	97	97	696	7	6,443	4,485
JALISCO	220	117	1,884	16	5,589	10,529
MEXICO	4	4	16	4	8,000	128
NAYARIT	1,244	1,014	25,341	25	4,975	126,070
OAXACA	1,817	1,791	98,706	55	3,708	365,983
QUINTANA ROO	286	275	14,823	54	5,281	78,284
TABASCO	1,298	1,298	42,360	33	2,786	118,012
TAMAULIPAS	16	9	72	8	5,500	396
VERACRUZ	31,154	12,154	545,730	45	2,539	1,385,599
YUCATAN	36.5	36	444	12	3,371	1,499
	36,687	17,296	742,926	43	2,860	2,124,498

Fuente: Datos obtenidos de www.siap.gob.mx.2013.

De las 12 entidades federativas el Estado de Veracruz es el principal productor y exportador de piñas en México, su producción se concentra principalmente en los municipios de Rodríguez Clara, Isla y Azueta (Cuadro 4), (SIAP, 2013).

Cuadro 4. Producción de piñas en el Estado de Veracruz.

Municipio	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
ALVARADO	114	114	5,130	45	1,842	9,450
CHACALTIANGUIS	800	800	37,600	47	1,700	63,920
ISLA	9,000	3,000	138,000	46	2,600	358,800
JAMAPA	22	22	924	42	3,500	3,234
JOSE AZUETA	9,000	3,000	135,000	45	2,680	361,800
J. R. CLARA	10,500	3,500	161,000	46	2,700	434,700
MTZ. DE LA T.	48	48	1,536	32	3,200	4,915
MEDELLIN	930	930	37,200	40	1,788	66,500
PLAYA VICENTE	200	200	9,000	45	2,750	24,750
TAMPICO ALTO	70	70	1,540	22	4,500	6,930
TIERRA BLANCA	270	270	10,800	40	3,500	37,800
TRES VALLES	200	200	8,000	40	1,600	12,800
	31,154	12,154	545,730	44.9	2,538	1,385,599

Fuente: Datos obtenidos de www.siap.gob.mx.2013.

En términos de variedades, el cultivo tradicional de piña es el de la Cayena Lisa en la región de la Cuenca del Papaloapan (Santoyo y Vinicio 1992; Rebolledo *et al.*, 2011). Tras varios años de investigación para poder ofrecer una mejor calidad en el producto, se incorporaron otras variedades de tamaño más pequeño que la Cayena Lisa, tales como la piña Champaka y la piña MD2, siendo la variedad más demandada a nivel mundial. (Sánchez, *et al.*, 1997).

La piña además de ser un cultivo redituable es una muy buena opción en la cual invertir dada a la gran gama de opciones en las que puede ser utilizada y la amplia cantidad de subproductos que se puede obtener de la fruta fresca. Su importancia radica en la generación de empleo tanto en el campo como en la industria, lo que aunado a la gran cantidad de insumos requeridos durante su desarrollo, ocasiona una fuerte derrama económica para la región (Rebolledo, 1992).

Los productos de esta cadena son: piña fresca, piña enlatada (en almíbar: rebanadas, cuadros, triángulos, y jugo concentrado (Saborio y Camacho, 1996). Los principales países exportadores son:

- De fruta fresca: Filipinas, Tailandia y Costa de Marfil.
- De piña procesada (enlatada): Tailandia y Filipinas.
- De jugo concentrado: Tailandia, Filipinas, Kenia y México.

Los principales países importadores son:

- De fruta fresca: Estados Unidos, Japón, Francia, Alemania, Bélgica, Inglaterra, Holanda y España.
- De piña procesada (enlatada): Estados Unidos, Alemania, Francia, Canadá e Italia.

Fuente FAO, 2009

Problemas fitosanitarios de la piña

Las enfermedades en plantas de piña pueden ser causadas por distintos organismos y constituyen uno de los elementos limitantes dentro de la producción de cualquier cultivo, de aquí que su control sea un factor a tener presente desde la producción de hijuelos y plantación, hasta la cosecha (Sandoval, 2004).

En el mundo se tienen identificadas 467 especies asociadas a las plantas de piñas, de las cuales, 213 son plagas y 254 enfermedades. Si se agregan 187 especies de malezas reportadas en el cultivo, son un total de 654 los posibles organismos dañinos que pueden afectar de alguna manera la producción y comercialización de esta fruta (Montilla, 1995).

Son considerables los organismos dañinos cuya presencia han sido confirmadas en las principales regiones productoras de piña en México. Entre los más importantes por su frecuencia, grado de daño e impacto negativo sobre la producción de esta fruta están:

Principales Plagas

- Cochinillas. Cochinilla harinosa rosada, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)

Son pequeños insectos blancos que se localizan en las axilas de las hojas inferiores de la planta, las raíces y en el fruto. El daño que causan al succionar la savia en las hojas de piña, consiste en provocar una serie de síntomas como franjas rojas, manchas verdes y por último marchitez (González *et al.*, 2005). Las cochinillas son el principal transmisor de los virus de la marchitez roja PMWaV-1, PMWaV-2 Y PMWaV-3 (Sether *et al.*, 1998), la cual es la enfermedad más importante en piña a nivel mundial (German *et al.*, 1992; Hu *et al.*, 1997). Cuando el insecto extrae la savia de los tejidos vegetales provoca desnutrición, las raíces detienen el crecimiento, se colapsan y pudren, ocasionando el marchitamiento de la planta. Comienza en los extremos de las hojas, desarrollándose un color amarillo-rojizo. El control de la cochinilla resulta esencial, pero sólo puede conseguirse si se destruyen las hormigas relacionadas, para lo cual es necesario aplicar pulverizaciones de forma regular.

- Mariposa tecla o barrenador de la piña (*Thecla basilides* Geyer)

Es una mariposa de color gris azulado en su forma adulta, con dos pequeñas manchas negras en las alas. Ataca a la fruta con reducciones en el rendimiento que alcanzan hasta 20% en ataques severos. La mariposa adulta deposita los huevecillos en las inflorescencias de la piña; al eclosionar, las larvas penetran por el canal. Los síntomas y daños causados por el barrenador de la piña son fácilmente observables: los frutos barrenados producen una exudación inicial incolora y poco consistente; posteriormente este exudado se va tornando marrón oscuro; finalmente sobre los frutos se aprecia abundante excremento. El resultado del daño de la tecla es la deformación del fruto y la pérdida de su valor comercial. Las heridas

ocasionadas por la larva favorecen la entrada de hongos y bacterias. (Bello-Amexz *et al.*, 1997).

- Sinfilidos

Tres especies de sinfilidos han sido reportados causando daños en las raíces de la piña en el mundo, estas son: *Hansenielfa unguiculada* (Hansen) *Hansenielfa ivorensis* Juberthie Jupeau y *Scutigarella sakimurai* Scheller. Estos animales son muy pequeños (6 a 10 mm de largo), se alimentan de las raíces jóvenes y no las dejan crecer (Py *et al.*, 1987); el daño más importante se produce durante el establecimiento del cultivo. Las plantas jóvenes detienen su crecimiento y en el campo se puede notar plantas con síntomas de amarillamiento en forma aislada sin razón alguna; pero al observar las raíces jóvenes se ve fácilmente cortes secos sobre ellas y la formación de la llamada "escoba de brujas" y proliferación de raicillas finas. El control de estos centípedos se realiza con los productos que se usan para controlar los nematodos y la cochinilla harinosa como son el etoprofos 1 5 G y el diazinon.

Principales enfermedades

- Pudricion negra o blanda del fruto

Causada por *Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seyn.) Hohn. Es la mayor enfermedad de postcosecha de la piña a nivel mundial. Su incidencia y severidad es mayor durante condiciones ambientales de alta humedad y temperatura. Normalmente los síntomas tardan de tres a cuatro días para desarrollarse. En el punto de infección, la pulpa del fruto presenta una pudrición blanda y acuosa, rodeada de tejido con aspecto frágil, cristalino y muy húmedo. Las esporas de *T. paradoxa* solo pueden entrar al fruto por heridas provocadas por insectos, aves, roedores, o bien por golpes en campo o a través de aberturas naturales que se encuentran en las brácteas. Pedúnculos, cáscaras o coronas rotas o los puntos de separación de los "gallos" que brotan en el pedúnculo y que son retirados antes de la cosecha, son excelentes y rápidos puntos de entrada del hongo al fruto (Rebolledo *et al.*, 2011; Paul, 1997). Para el manejo adecuado de la enfermedad se deben tomar las siguientes acciones: en

campo deberá evitarse cualquier posible daño por plagas y “golpes de sol”, ya que las quemaduras, por leves que sean, pueden abrir pequeñas heridas por donde entra el hongo. En el transporte, no deben utilizarse estibas de más, ya que causan el aplastamiento de frutos, tampoco deben estibarse con la corona hacia abajo, pues muchas de sus hojas se quiebran y raspan (Rebolledo *et al.*, 2011).

- **Pudrición de los frutillos**

Esta enfermedad se conoce desde el siglo pasado, actualmente está presente en la mayoría de las zonas de cultivo de piña del mundo y causa pérdidas de rendimiento que depende del tiempo de la cosecha y del cultivo. Es causada por cualquiera de los siguientes patógenos, *Penicillium funiculosum* Thom., *Fusarium moniliforme* Sheld. o *F. subglutinans* o por un complejo de ellos (Keetch, Rebolledo *et al.*, 2011)

Son los acaros rojos (*Dolichotetranychus floridanus* Banks) y principalmente los ácaros blancos (*Steneotarsonemus ananas* Tryon), los que transportan sus esporas al sitio de infección y provocan las heridas en sus sitios de alimentación, donde los hongos prosperarán posteriormente. Los ácaros blancos se alimentan de los tricomas de la parte basal de las hojas del cogollo; ahí incrementan sus poblaciones, pero éstas alcanzan su máximo mes y medio después del tratamiento de inducción floral, cuando las inflorescencias de las piñas estas emergiendo de la parte central de las plantas. Ahí se trasladan y se alimentan de las brácteas y sépalos de las flores en desarrollo. Es una mancha interna difícil de detectar en sus inicios, pero cuando los daños están mas avanzados, éstos maduran a ritmo diferente al de los se su edad y más pronto adquieren colores verdes claro a amarillentos, de ahí lo del “ojo de gringa”; conforme avanza el proceso, los frutillo se desecan externamente, se tornan de color café claro, acartonado en su alrededor y oscuro en su parte hundida, aumentando mientras el fruto madura. Los daños se inician como pequeños puntos de infección en el centro del interior de la flor, pero puede avanzar hasta cerca del corazón de la inflorescencia (Wilson, 2005).

- Pudrición del cogollo

La enfermedad conocida como pudrición del cogollo en piña es causado por la bacteria *E. chrysanthemi* Burkh. La incidencia de pudrición del cogollo causada por esta especie de bacteria en plantaciones de piña Cayena Lisa o Champaka, es notablemente menor que en el híbrido MD2. Los síntomas que presenta la pudrición bacteriana del cogollo inician con una lesión acuosa en la base blanca (tejido no clorofílico) de alguna o algunas de las hojas del cogollo o corazón de la planta. De haber condiciones favorables, el área infectada se dispara y llega a afectar completamente la parte basal de todas las hojas centrales, de donde continúa esparciéndose hasta invadir los tejidos clorofílicos (verdes) de las hojas. Una vez que el inoculo penetra en el frutillo, éste puede permanecer en latencia por muchas semanas (Rebolledo *et al.*, 2011).

Fusariosis de la piña

La podredumbre de la piña, provocada por *Fusarium guttiforme* (Sin.: *Fusarium subglutinans* f. sp. *ananas*, (Ventura, 1994) , es una enfermedad considerada por los expertos como la mayor amenaza para el cultivo de la piña en el ámbito mundial, debido a la susceptibilidad que presentan a este patógeno las principales variedades comerciales de piña para exportación.

Esta enfermedad afecta la fruta, rebrotes, coronas y la planta en general, permaneciendo en los residuos vegetales. Las flores son la principal vía de entrada para la infección. El hongo también puede entrar a través de lesiones por insectos, en particular las ocasionadas por “la Tecla” o mariposa del fruto o barrenador de la piña, *Strymon megarus* o *S. basilides*, la cual coloca los huevecillos en la inflorescencia de la planta, que al eclosionar producen larvas que penetran formando galerías, constituyendo puntos de introducción del patógeno. (Ploetz, 2001). Otras formas de ingreso son las ocasionadas por daños mecánicos de los trabajadores y de la maquinaria. (Windels, 2000;).

Existen informes de la presencia de *Fusarium guttiforme* en Brasil, Argentina y Bolivia, e incluso, aún sin confirmar, que está presente en Venezuela. En estos países ha

causado grandes pérdidas; por ejemplo, en Brasil se reportan pérdidas entre el 30% y el 80% debido a la fusariosis de la piña. Desde la primera constatación, la enfermedad se diseminó rápidamente en menos de 15 años a todas las regiones productoras de piña en Brasil. En África del Sur y en Australia, se reportaron síntomas similares a los de la *Fusariosis*, en frutas de piña. (OIRSA, 2011).

Etiología: Esta enfermedad es causada por el hongo *F. guttiforme* Nirenberg & O' Donnell, sin embargo son encontradas varias nomenclaturas para este hongo en la literatura, como *Fusarium subglutinans* (Wollenw & Reinking) Nelson, Tousson & Marasas; *F. moniliforme* var. *subglutinans* (Luc) C. Moreau, *F. sacchari* var. *subglutinans* (Wollenw & Reinking) Nirenberg, y *F. suglulinans* f. sp. *ananas* Ventura, Zambolim & Gilb. Este ultima nomenclatura es mas defendida en virtud de los aisaldos de patógenos provenientes de la piña presentaron especificidad es cuanto a hospedero, cuando se realizaron inoculaciones cruzadas (Ventura, 1994). El teleomorfo y el ascomiceto *Giberella fugikuroi* (Booth, 1971).

Epidemiología: *Fusarium subglutinans* no produce clamidosporas, por tanto el período de supervivencia es corto (Matos; Cunhan, 1980; Teixeira *et al*, 2001). Sin embargo, los materiales de propagación y de los residuos de cultivos contaminados, constituyen la principal forma de supervivencia de este hongo, sirviendo como fuente de inoculo principal (Bolkan *et al.*, 1979). La desimanación ocurre fácilmente por el viento, lluvia, transporte de material propagativo e insectos (Matos *et al.*, 1981; Matos; Caldas, 1986; Matos, 1987). La infección del fruto ocurre, principalmente durante el periodo anterior, cuando las esporas penetran en la inflorescencia, que constituyen el principal sitio de infección, o cualquier lesión (Bolkan *et al.*, 1978; Matos; Mourichon, 1993) (Fig. 8).

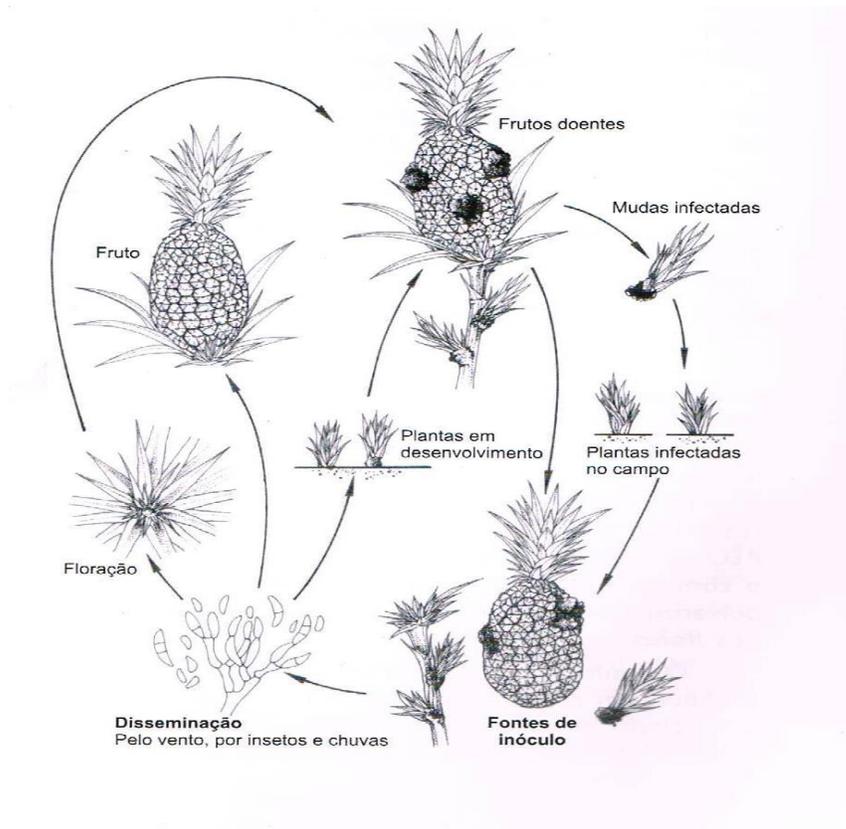


Figura 8. Ciclo de la fusariosis de la piña causada por *Fusarium guttiforme*.

Fuente: Ventura, 1994

Daños en Postcosecha

El fruto debe ser cosechado y transportado adecuadamente, puesto que los daños mecánicos ocasionan pardeamiento de la pulpa (Paull y Cheng, sin publicar). La piña nativa presenta una mayor susceptibilidad a daños mecánicos en los estados avanzados de madurez (Pulido, 2000; Lopez *et al.*, 1996).

En los frutos dañados, sobremaduros o con fisuras en la corteza se presentan procesos de fermentación en la pulpa, resultado del desarrollo de levaduras y bacterias (Paull y Cheng, sin publicar; Pulido, 2000; De la Cruz y Medinam 2008).

En cuanto a enfermedades se refiere, en postcosecha las principales son:

- Fusariosis de la piña
- Pudrición negra de la piña, causada por el hongo *Charala paradoxa* (De Seyn) Sacc. [Sin: *Thielaviopsis paradoxa* (De Seyn.) Hohnel], cuya forma telomórfica es *Ceratocytis paradoxa* (Dade) C. Moreau.
- Mancha negra de la piña, causada por los hongos *Penicillium funiculosum* Thom y *Fusarium verticilloides* Gerlach & Nirenberg (*Fusarium moniliforme* Sheldon) (Hepton; Anderson, 1968).

Lopez *et al* (1996), menciona que con el objeto de prevenir la aparición de este tipo de daños se debe realizar una adecuada selección y desinfección de los frutos.

Tratamiento más usado para el control de enfermedades postcosecha

El tratamiento postcosecha convencional de mayor uso para prevenir el daño por hongo es la selección de preservantes que consiste en una mezcla de fungicidas y ceras. Se emplean tratamientos de fungicidas preventivos (Carvalho *et al.*, 2007; Inclan *et al* 2007; IICA, 2006), carbendazin, preferentemente para el control de *Fusarium* (Rohrbach y Schmitt, 1994), captafol y fosetil-AI contra *Phytophthora nicotianae* (Erwin y Ribeiro, 1996), con buena efectividad en el caso de fosetil-AI, según Rohrbach y Schmitt (1994) sobre este Omycete, situación que muestra la necesidad de ampliar con nuevas opciones.

Uso de fungicidas en el control de fitopatógenos

La palabra fungicida se deriva de los términos latinos “fungus”; hongos y “caedo”; matar. Etimológicamente, fungicida, es todo agente con habilidad para destruir organismos fungosos. El calor, los ácidos, la luz ultravioleta, son agentes fungicidas físicos; sin embargo, el término fungicida se refiere a los productos químicos usados en la prevención y en algunos casos en la erradicación o curación de enfermedades producidas por hongos fitopatógenos. En otras palabras se habla de fungicida cuando

la sustancia química produce la destrucción del hongo ocasionando una acción irreversible; en cambio cuando se trata de una acción fungistática ocurre una actividad reversible, produciendo un efecto inhibitorio temporal en la germinación de las esporas, diferenciándose así la acción fungicida de la acción fungistática (Ochoa, 2004).

En la actualidad se cuenta con un amplio espectro de compuestos fungicidas, los cuales pueden adaptarse a las formulaciones que satisfagan necesidades precisas. De acuerdo con Ochoa (2004), entre las características deseables en un fungicida se encuentran que debe ofrecer un control de la enfermedad eficaz y consistente; no debe ser tóxico a la concentración recomendada y no debe afectar adversamente a otras partes del ecosistema del cultivo. Además los residuos que queden en el cultivo no deben ser un problema para el consumidor y aplicador en campo; así también, la formulación debe ser segura al almacenarse y transportarse.

Clasificación de fungicidas

Actualmente los fungicidas son una herramienta importante dentro de cualquier cultivo por lo cual, se debe tener el conocimiento de las propiedades de cada fungicida a usar. Las características que se deben tener en cuenta en un fungicida son su toxicidad (Cuadro 5), naturaleza química, el momento de aplicación, el sitio de aplicación (Cuadro 6), su modo de acción en el hospedante así como también su mecanismo de acción en el patógeno (Cuadro 7).

Cuadro 5. Tipos de fungicidas por su nivel de toxicidad

Categoría I	Categoría II	Categoría III
Toxicidad alta	Toxicidad media	Toxicidad baja
DL50: .050 mg	DL50: 50-500 mg	DL50: superior a 500 mg
Productos muy peligrosos, deben manejarse bajo normas de seguridad	Medianamente peligrosos y tóxicos pueden manejarse bajo normas de seguridad	Se pueden manejar con precaución y sin normas de seguridad.

Fuente: Patiño y Rodríguez., 2001.

Cuadro 6. Tipos de fungicidas por su naturaleza química, momento de aplicación y sitio de aplicación.

Por su naturaleza química		Por el momento de aplicación		Por el sitio de aplicación	
Orgánicos	Azufre, Cobre, Mercurio	Preventivos	Previenen el establecimiento de nuevas infecciones	Suelo	Hongos habitantes del suelo.
Organosintéticos	Ditiocarbamatos Benzimidazoles, Triazoles, Carbamatos, Estrobilurinas.	Curativos	Eliminan o "curan infecciones" establecidas. No eliminan las lesiones ya visibles.	Follaje	Se aplican principalmente con equipo terrestre y aéreo.
				Semilla	Contra hongos del suelo y que se transmiten por semilla.
				Cosecha	Dirigidos a enfermedades en postcosecha.

Fuente: Orozco-Santos (2008); Fungicide Resistance Action Committee (2007).

Cuadro 7. Tipos de fungicidas por su modo de acción a nivel hospedante y patógeno.

Por el modo de acción a nivel hospedante		Por el mecanismos de acción a nivel patógeno	
Contacto o Protectante	Fungicida que está presente como una barrera protectante antes que el patógeno llegue.	Síntesis de Ácidos Nucleicos	Ac. Carboxílicos, Heteroaromáticos Phenylamidas
Sistémicos	Actúan interrumpiendo el desarrollo del agente causante de la enfermedad, después de iniciada la infección.	Mitosis y División Celular	Benzimidazoles, Thiohanatos, Phenylcarbamatos, Benzamidas, Phenylureas
Mesostémicos	Afinidad por la superficie foliar, penetra en el tejido, presenta actividad translaminar	Respiración	Estrobilurinas, Pyrimidinas, Carboxamidas
		Síntesis de Aminoácidos y Proteínas	Anilopirimidinas, Ác. Enopyranuronico, Hexopyranosyl, Glucopyranosyl
		Biosíntesis de Esterol en Membranas	Triazoles, Imidazoles Pyrimidinas Piperazinas
		Actividad Multisitios	Inorgánicos, Dithiocarbamatos, Cloronitrilos, Phthalimidas.

Fuente: Orozco-Santos (2008); Fungicide Resistance Action Committee.

Estrobilurinas

Las estrobilurinas son un nuevo grupo de fungicidas que inhiben la respiración mitocondrial bloqueando el sitio Qo1 (sitio de oxidación de quinonas en la membrana interna de la mitocondria), del complejo enzimático citocromo *bc1* (Complejo III); ésta inhibición bloquea la transferencia de electrones entre el citocromo *b* y el citocromo *c1* con lo cual, se provoca una diferencia en la producción de energía en las células del

hongo, deteniéndose la producción de ATP (Bartlett *et al.*, 2002). Constituyen un grupo químico en el que se encuentran las estrobilurinas A y B, derivados del ácido β -metoxiacrílico (McGrath, 2001). Tienen actividad principalmente preventiva, curativa, con efectos translaminares (penetra la lámina foliar). Las esporas de los hongos son más susceptibles a este grupo de fungicidas que el micelio, por tanto las estrobilurinas son altamente eficientes en el control de la germinación de esporas y la penetración al hospedero (Hamdy, 2007).

Las estrobilurinas tienen una particular importancia contra los cuatro grandes grupos de hongos patógenos (ascomicetes, basidiomicetes, deuteromicetes y oomycetes); sin embargo, estos fungicidas varían en sus niveles de efectividad y no todos los fungicidas pueden dar altos niveles de eficiencias contra estos grupos de hongos (Bartlett *et al.*, 2002). Las estrobilurinas han llegado a ser esenciales para el control de enfermedades agrícolas importantes, su uso se ha en varios cultivos, como hortalizas, cereales, pastos, vid, vegetales y ornamentales (Fernández-Ortuño *et al.*, 2008). Desafortunadamente, el riesgo de desarrollar resistencia por parte de estos fungicidas es alto. McGrath (2001) menciona que el uso de estrobilurinas presentó resistencia en el control *Podosphaera xanthii* causante del mildiú de la uva; por tanto se requiere contar con estrategias para disminuir el riesgo de desarrollar resistencia.

Triazoles

Los triazoles son un grupo de fungicidas que inhiben el citocromo P-450 de la monooxygenasa que cataliza la reacción de metilación de la enzima C14-desmetilasa, en el ciclo de la biosíntesis del ergosterol. Son llamados Inhibidores dimetil (DMI's) porque inhiben el proceso de metilación (Marín y Romero 1992). Esta acción trae como consecuencia la ruptura de la membrana semipermeable con la consiguiente pérdida de solutos de las células (Ramos, 1989). La propiedad general del triazol es que tiene una amplia variabilidad química sin pérdida de sus propiedades biológicas, y alta eficiencia contra numerosos hongos fitopatógenos. Algunos triazoles presentan actividad sistémica, tienen propiedades protectoras, curativas y erradicativas; son empleados en dosis bajas, tienen una amplia actividad contra hongos patógenos humanos, presentan actividad contra bacterias gran-positivas y tienen funciones de

reguladores de crecimiento en plantas. Este grupo posee diversos miembros como ciproconazol, flusilazol, flutriafol, metconazol, miclobutanil, Propiconazol, prothioconazol, tebuconazol, tetraconazol y triadimefon. (Villeda, 1998) y tienen un amplio espectro protectante y actividad curativa en áreas foliares, raíces, y en enfermedades como, manchas foliares, cenillas, mildius polvorientos, royas y otras causadas por ascomicetes imperfectos, y basidiomicetes. Los triazoles también pueden ser aplicados en aspersiones foliares, en tratamientos al suelo y a la semillas (Agrios, 1988).

Benzimidazoles

A este grupo pertenecen los fungicidas sistémicos con mayor espectro de acción. Son compuestos que tienen su origen en la molécula del Benzimidazol y su modo de acción fungicida es la de interferir en la síntesis del ADN (Ortiz, 1989). Jones (2000) menciona que actúa en la prevención de la formación del microtúbulo (fibra del huso), el cual es necesario para la división celular en la mitosis y meiosis; alcanzando la β -tubulina, que es una proteína importante en la composición del microtúbulo.

Imidazoles

Son inhibidores de la biosíntesis de ergosterol, componentes de las membranas celulares. Este grupo se destacan como fungicidas postcosecha, el Imazalil y prochloraz, que son eficaces en el control de especies de *Alternaria*, género de hongo insensible a benzimidazoles (Barkai, 2001).

Trifloxystrobin en el control de fitopatógenos

El Trifloxystrobin es un fungicida del grupo de las Estrobilurinas. Perteneció a la clase química de los oximinoacetatos y su nombre químico es ester metil ácido (E, E)-metoxyimino-[2-[1-(3trifluorometil-fenil)-etilideneaminoximetil]-fenil]-acético; es mesostémico de amplio espectro, con actividad preventiva y curativa (Fernández-Ortuño *et al.*, 2008; Hamdy, 2007; Bartlett *et al.*, 2002). Impide el crecimiento de los primeros estados del desarrollo de los hongos como la germinación de las esporas, extensión del tubo germinativo y formación de los apresorios. Las partículas depositadas sobre la superficie de la planta constituyen una reserva protectora ya que

la alta afinidad de la molécula con las capas cerosas resiste al lavado por las lluvias. Aunque penetra poco, posee cierta actividad curativa contra los patógenos que se encuentran cerca de la superficie. También tiene actividad translaminar por difusión a la capa opuesta de la cutícula de la hoja y se reparte a cortas distancias en zonas no tratadas de la planta y alcanza a otras plantas de la parcela por acción de vapor. Estas características se han denominado mesosistémicas o mesostémicas (Consultado 10 octubre 2012. Disponible en [http : //www. terralia. com/agroquímicos _d_mexico](http://www.terralia.com/agroquímicos_d_mexico)). En los Peronosporales impide la liberación de zoosporas. En los estados siguientes a la penetración, afecta a la formación de haustorios y al crecimiento superficial del micelio en los oídios y al crecimiento en los estomas subcuticulares en *Venturia inaequalis*. En el caso del oídio del manzano, del durazno y de la vid, actúa sobre la germinación de esporas y en la formación de los apresorios. En el moteado del manzano y del peral, tanto sobre la germinación de las conidias y penetración del micelio como en la formación y crecimiento del estroma y en la esporulación del hongo.

El Trifloxystrobin ha demostrado eficiencia en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*) en plátano (Chin *et al.*, 2001). También ha mostrado efectividad en el control del *Plasmopara vitícola* y *Uncinula necator* agentes causal del mildiú y oídio de la vid (Miller y Gubler, 2004; Moshe, 2001). En jitomate controló la raíz corchosa (*Pyrenochaeta lycopersici*) y la verticilosis (*Verticillium dahliae*) (Bubici *et al.*, 2006). También se ha utilizado en el control de la Moniliasis del Cacao en combinación con otros fungicidas en donde se ah obtenidos resultados de control manteniendo la incidencia de la enfermedad en el más bajo nivel y permitiendo la cosecha de mayor cantidad de frutos sanos (Ayala., 2008) pero aun no se ha probado su efecto de forma individual.

Uso del Tiabendazol en el control de fitopatógenos

El Tiabendazol pertenece al grupo químico del Metil-benzimidazol carbamato. Es un fungicida sistémico, de amplio espectro de acción para el control preventivo y curativo de enfermedades fungosas de plantas. Evita las infecciones al atacar el tubo germinativo que emiten las esporas, impide la proliferación del micelio en el interior de las plantas o de las partes ya cosechadas, por lo tanto actúa en forma preventiva,

curativa y erradicativa. Gutiérrez y Gutiérrez (2003) evaluaron la resistencia de Tiabendazol para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de guayaba donde los aislamientos del fueron sensibles a Tiabendazol a partir de 0.1 mg L⁻¹ mostrando el 100% de inhibición de crecimiento micelial. López *et al* (2005) evaluaron el Tiabendazol en los patógenos *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae* en cultivos de frijol a 600 mg L⁻¹ inhibiendo por completo el crecimiento micelial de *F. oxysporum* y *R. solani* V. *dahliae*.

Prochloraz en el control de patógenos

Prochloraz pertenece al clase química de los imidazoles, su nombre químico es N-propil-N-[2-(2,4,6-triclorofenoxi)- etil] imidazol-1-carboxamida. El modo de acción de este fungicida es a través de la inhibición de la biosíntesis del ergosterol (Laignelet *et al.*, 1989).

Este producto es ampliamente utilizado en Europa, Australia, Asia y Sudamérica en la agricultura. En Brasil, prochloraz ha sido autorizado para el uso en campo en manzana, naranja, tomate, trigo, arroz y ornamentales; para mango y papaya en postcosecha, en Brasil este producto se utiliza a nivel comercial en tratamientos postcosecha de papaya, con dosis de 250.335 mg de i.a./L, de acuerdo a la época de producción; este producto se utiliza para el tratamiento de fruta destinada a la comunidad económica europea (Vinggaard *et al.*, 2006; Navickiene y Ribeiro, 2005; Nery-Silva *et al.*, 2001).

Ker-Chung (2001), menciona que prochloraz fue altamente eficiente en el control de *C. gloeosporioides* en mango, y que no existe ninguna resistencia significativa del fungicida en las huertas, esto a pesar de que ha sido utilizado por cerca de 20 años el control de antracnosis, no obstante, es importante considerar que el sobre uso del fungicida es una práctica no adecuada. Por su parte Nery-Silva (2001) menciona que prochloraz controló la pudrición peduncular causada por *C. gloeosporioides* en frutos de papaya. Bello-Rivera, (2002), menciona que el prochloraz dio un control excelente de *Colletotrichum gloeosporioides* en aguacate almacenado a temperatura ambiente (24± 2° C). Prochloraz inhibió en un 100 % el crecimiento de *Colletotrlichum*

gloeosporioides, esto en frutos de banano (Espinosa-Ortega, 2003). Estudios realizados en fresa dieron como resultado que prochloraz fue el fungicida más efectivo en la inhibición del crecimiento micelar de *Colletotrichum acutatum* invitro, así también, plantas de fresa inoculadas con el patógeno y tratadas con prochloraz presentaron una menor mortalidad (Freeman, 1997). Kososki *et al.*, (2001), indica que prochloraz fue eficiente para inhibir la germinación de conidios de *C. acutatum*, el control de la enfermedad por el uso del fungicida, se reflejó en una mayor producción y menor presencia de flores enfermas. Es también efectivo el control de *Acremonium* spp., agente causal de la muerte súbita o colapso en melón, su control se manifestó en la longevidad de la planta, así en como aspectos de la parte aérea y raíz del cultivo (García-Jiménez *et al.*, 1990). El fungicida presentó un inhibición total del crecimiento de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* agente causal del marchitamiento o mal de panamá en bananas evaluado in vitro; del mismo modo, se encontró que fue el mejor fungicida para el control de la enfermedad *in vivo* (Nel *et al.*, 2007).

En los últimos años se trabaja por restablecer, consolidar e incrementar la producción de piña, acciones que justifican la utilización de productos químicos los cuales son fundamentales para garantizar una eficiente protección fitosanitaria, que implica determinar la eficacia de ingredientes activos con diferentes mecanismos de acción sobre patógenos fungosos que afectan a este cultivo. (Álvarez, 1964).

Imazalil en el control de patógenos

Introducido para tratamiento postcosecha al inicio de la década de 1970, muestra una alta eficiencia en el control del moho verdes y azul de cítricos, incluyendo cepas de hongos resistentes a los benzimidazoles. También es eficiente en el control antrcnosis (*C. gloeosporioides*), de papaya y mango y la antrcnosis de banano (*C. musae.*). Según Eckert e Ogawa (1985), este producto puede ser utilizado en el control de la pudrición peduncular de los cítricos, causada por especies de *Diplodia* y *Phomopsis*, a pesar de presentar eficiencia inferior al benomil. En México esta registrado para controlar *Penicillium expansum*, *Gloeosporium musarum*, *Botritis cyneria*, *Alternaria*

tenuis en el cultivo de manzana y para controlar *Collectotrichum* sp., *Fusarium* spp. y *Verticillium* spp. en bananos.

Etiología de las enfermedades

Holliday (1995) define la etiología como el estudio de las causas de las enfermedades de las plantas, en este sentido Agrios (2006) y Carrero y Planes (2008) señalan que el objetivo principal de los estudios etiológicos es el conocer las alteraciones fisiológicas o anomalías funcionales del hospedero o cualquiera de sus partes o productos que se suscitan durante el desarrollo de las enfermedades. En este contexto se ubica la descripción de los síntomas ocasionados por el agente que las provoca.

LITERATURA CITADA

- Agrios, N.G. 2006. Fitopatología. Segunda Edición. Limusa, S.A. de C.V. México. 759p.
- Agrios, NG. 1998. Fitopatología. Departamento de Fitopatología, Universidad de Massachusetts. 2ed. UTHEA, Noriega eds. México, D.F. p. 62.
- Álvarez c., L., A: 1964. Algunos problemas fitopatológicos en la producción de piña. Esso Agrícola. (EEUU) 20 (1): 6-11.
- Ayala B. M.F. 2008. Manejo Integrado de Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) Mediante el Uso de Fungicidas, Combinado con Labores Culturales.. Tesis Ingeniería en Agropecuaria. Escuela Superior Politécnica de Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 115p.
- Ayogu, T.E., 1999. Evaluation of the performance of a yeast isolate from Nigerian palm wine in wine production from pineapple fruits. Bioresour. Technol. 69, 189–190.
- Azcon-Bieto, J. y Talon M.. 1993. *Fisiología y Bioquímica Vegetal*, primera edición. Interamericana McGraw Hill. España. Pág. 463-478.
- Baetholomew, P.D. and Kadzimin, S.B. 1977. Pineapple. In: Ecophysiology of tropical crops. Academic Press. p 113-149.
- Barkia-Goldan R., and D. J. Phillips. 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. Plant Disease 75:1085-1089.
- Bartholomew, D. Paull R.E., Rohrbach, K. 2002. Piña, Botánica, producción y usos. Wallingford, Oxon.
- Bartlett, D.W., Clough, J.M., Godwin, J.R., Hall, A.A., Hamer, M., Parr-Dobrzansk, B., 2002. The strobilurin fungicides. Pest Manag. Sci. 58: 649–662.

- Bello-Amez, S., Villachica-León, H. y Julca-Quintano, A. 1997. Resistencia de cultivares de piña a la broca de la fruta *Thecla basilides* Geyer en Chanchamayo-Perú. *In: Proceedings of the second international pineapples symposium*, Martin, P. P. and Hugon, R. (eds.). Acta Horticulturae 425: 187-192.
- Bello-Rivera A. 2002. Patogenicidad y control de aislamientos de la antracnosis y pudrición del pedicelo en frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Hass en postcosecha. Tesis de licenciatura en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 94 p.
- Benzing, D.H. (1980) The Biology of the Bromeliads. Mad River Press, Eureka, California, 305 pp.
- Bertoni, M.S. (1919) Contributions à l'étude botanique des plantes cultivées. I. Essai d'une monographie du genre Ananas. Anales Científicos Paraguayos (Ser. II) 4, 250– 322.
- Bolkan, H.A., Dianese, J.C.,Cupertino, E.P.1978. Pineapple flowers as principal infection sites for *Fusarium moniliforme* var *subglutinans*. Phytopathology, Saint Paul, v. 62, p.822-824.
- Bolkan, H.A., Dianese, J.C.,Cupertino, E.P.1979. Survival and colonization potencial *Fusarium moniliforme* var *subglutinans*. Plant Disease Reporter, Washington, v.63,p.655-657.
- Booth, C. 1971. The genus fusarium. Kew: CMI 237p.
- Bubici G., M.M. Armenduni, C. Colella, M. D' Arnico, M. Cirulli. 2006. Efficacy of acibenzolar-S-methyl and two strobilurins, Azoxystrobin and Trifloxystrobin, for the control corky root of tomato and verticillium wilt of eggplant. Crop Proteccion 25:814-820.

- Burgess, L.W., Summerell, B.A.; Bullock, S., Gott, K.P.; Backhouse, D. 1994. Laboratory Manual for *Fusarium* Research. 3rd ed. Sydney: University of Sydney. 133p.
- Carvalho, R. A.; E. F. de Oliveira J. T. de Lacerda., M. B. Neto., J. X. de Araújo. 2007. «Alternative Control of Pineapple Fusariosis», Abstracts of the VIth International Pineapple Symposium. Oral presentations. Sesión III Plant Protection, João Pessoa, Paraíba, Brasil, November 18 to 23.
- Castañeda P. 2003. Manual técnico. Sobre producción y manejo postcosecha de piña para la exportación. El salvador. p. 35-45.
- Chin., K.M., M. Wirz, and D. Lair. 2001. Sensitivity of *Mycosphaerella fijensis* from banana to Trifloxystrobin. Plant Disease 85:1264-1270.
- De la Cruz Medina J. & Garcia H. S. 2008. Operaciones postcosecha de la piña. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria.
- Ecker., J.W., and J. M. Ogawa. 1985. The chemical control of postharvest diseases: subtropical and tropical fruit. Annual Review of Phytopathology 23:421-454.
- Erwin, D. C., O. K. Ribeiro. 1996. *Phytophthora diseases Worldwide*, The American Phytopathology Society, Minnesota, EE. UU.
- Espinosa-Ortega M., 2003. Caracterización cultural, morfológica, patogénica y molecular de *Colletotrichum musae* (Berk. and Curt.) v. Artx. en frutos de banano (*Musa acuminata* L.). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Edo. de México. 144 p.
- FAO. 2009. Food And Agriculture Organization. (en línea): <http://faostat.fao.org>. Consultado junio de 2009.

- FAO. 2013. Food And Agriculture Organization. (en línea): <http://faostat.fao.org>. Consultado enero de 2013.
- Fernández–Ortuño D., J. A. Torés, A. De Vicente, A. Pérez-García. 2008. Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. *International Microbiology* 11:1-9.
- Freeman, S., Y. Nizani, S. Dotan, S. Even, and T. Sando, 1977. Control of *Colletotrichum acutatum* in strawberry under laboratory, greenhouse, and field conditions. *Plant Disease* 81:749-752.
- Garcia-Jimenez J., M.T. Velasquez, M. Garcia-Morato y A. Alfaro. 1990. Perspectivas de control de la muerte súbita del melón mediante tratamientos fungicidas. *Bol. San. Veg. Plagas* 16:691-699.
- German, T.L., Ullman, D.E. and Gunasinghe, U.B. 1992. Mealybug wilt of pineapple. *Advances in Disease Vector Research* 9:241-259.
- González-Hernández, H., Pandey, R.R. and Johnson, M.W. 2005. Biological Characteristics of adult *Anagyrus ananatis* Gahan (Hymenoptera:Encyrtidae), a parasitoid of *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (HEmiptera:Pseudococcidae). *Biological control*. 35:93-103.
- Gutiérrez, A.J.G., G. A., O., Nieto Á.D., Téliz O. D., Zavaleta M. E., Delgadillo S. F., Vaquera H. H. 2003. Resistencia a Benomil y Tiabendazol en aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* PENZ., y SACC., obtenidos de mango (*Mangifera indica* L.) en cinco regiones de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21:260-266.
- Hamdy, B. 2007. Review of strobilurin fungicide chemicals *Journal of Environmental Science and Health* 42:441-451.
- Hepton, A., Anderson, E.J.1968. Interfruitlet corking of pineapple fruit, a new disease in Hawaii. *Phytopathology*, Saint Paul, v.58, p 74-78.

- Holliday, P. 1995. Fungus diseases of tropical crops. 2da. Edition. Dover Publications, inc. New York, USA. 607 p.
- Hu, S.J., Sether, D.M., Liu, X.P., Wang, M., Zee, F. and Ullman, D.E. 1997. Use of a tissue blotting immunoassay to examine the distribution of pineapple closterovirus in Hawaii. *Plant Disease* 81:1150-1154.
- IICA. 2006. Piña: guía práctica para la exportación a EE.UU. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 12 p.
- Inclán, D.J., Alvarado, E., Williams, R.N. 2007. Evaluación de cuatro insecticidas naturales para el control de tecla, *Strymon megarus* (Godart) (Lepidodtera:Lycaenidae), en el cultivo de piña. *Tierra Tropical* 3:199-210.
- Jiménez Díaz J. A. 1996. El cultivo de la piña de exportación. Gobierno del Estado de Tabasco. 167 p.
- Jimenez Díaz J. A. 2006. Tecnología para la producción de piña en el trópico. Gobierno del Estado de Tabasco. 134p.
- Jones, D. 2000. Disease of banana, Abacá and Enset. CAB International, Wallington, UK. 544p.
- Kaneshiro, W. S., Burger, M., Vine, B. G., de Silva, a. S. And Alvarez, a. M. 2008. Characterization of *Erwinia chrysanthemi* from a Bacterial Heart Rot of Pineapple Outbreak in Hawaii. PEPS, University of Hawaii. 92-10 - 1444-1450.
- Keetch, D.P. 1977. Black spot (fruitlet core rot) in pineapples. Farming in South Africa. Pineapple Series H. 1.
- Ker-Chung K. 2001. Sensitivity of mango anthracnose pathogen, *Colletotrichum gloeosporioides*. to the fungicide prochloraz in Taiwan. *Proc. Natl. Sci. Counc.* 25:174-179.

- Kososki, R.M., C. Furlanetto, C.K. Tomita, y A.C. Filho. 2001. Efeito de fungicidas em *Colletotrichum acutatum* e controle da antracnose do morangueiro. *Fitopatologia Brasileira* 26:662-666.
- Laignelet, L., J.F. Narbonne, J.C. Lhuguenot, J.L. Riviere. 1989. Induction and inhibition of rat liver cytochromes (s) P-450 by an imidazole fungicide (prochloraz). *Toxicology* 15:271-284.
- Le Grice, d.s. and Marr, G. S. 1970. Fruit diseases control in pineapple. *Farming in South Africa* 46: 9-17.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3^a . ede. Agroamerica del IICA. San José, Costa Rica. 522p.
- López B., López B.S.R., Vázquez B.M.E., Rodríguez H.S.A., Mendoza E.M., Padrón B.C. 2005. Inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend F. sp. *Lycopersici* (sacc.) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Verticillium dahliae* Kleb, mediante extractos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 23:183-190.
- López, L. I., Díaz V. J., Merino de C, F. 1996. Calidad de la piña tropical (*Ananas comosus* L. Merr) presente en el mercado. En: *Alimentaria* , 59-64 p. España.
- Marín, D y Romero, R. 1992. El combate de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*). In: Boletín No. 4 Departamento de Investigaciones. CORBANA San José, Costa Rica.
- Matos, A.P. Cunha, G.A.P. 1980. Persistência e capacidade infectante de *Fusarium moniliforme* no solo . . Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasilia, v. 15, p. 163-165.

- Matos, A.P. ; Mourichon, X. Development of resistance to infection by *Fusarium moniliforme* var *subglutinans* in wounds of pineapple plantlets. Acta Horticulturae, The Hague, v. 334, p. 423-428.
- Matos, A.P. 18987. Pineapple fusariosis in Brazil: na overview. Fruits, Paris, v. 42, p. 417-422.
- Matos, A.P., Aguilar, J.A.E., Neiva, L.P.1981. Método para determinar a disseminação de *Fusarium subglutinans* no abacaxizeiro. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasilia, DF, v. 16, p. 337-339.
- Matos, A.P.;Caldas, R.C.1986. Avaliação da dispersão de *Fusarium moniliforme* var *subglutinans* em plantio de abacaxi. In. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 8., 1986. Brasilia, Anais.... Brasilia, DF: EMBRAPA-DDT: CNPq, p. 25-28.
- McGrrath M.T. 2001. Fungicide resistance in curcubit powdery mildew: experiences and challenges. Plant Disease 85:236-245.
- Miller, T. C., and W. D. Gubler. 2004. Sensitivity of California isolates of *Uncinula necator* to Trifloxystrobin and spixamine, and update on triadimefon sensitivity. Plant Disease 88:1205-1212.
- Molina, M. R.C. 1995. Estudio de las condiciones fluctuantes de temperatura, para evitar el daño por frio durante el almacenamiento refrigerado de piña (*Ananas comosus* cv Cayena lisa). Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México. 105p.
- Montero, C. M. y Cerdas, A. M. Del m. 2005. Guías Técnicas del manejo poscosecha para el mercado fresco. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 46 p.
- Montilla, I. and A. Castaño.1995. Effects of the associations of crops and mulch on production of production of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) at Lata State, Venezuela. p.99. In: 2nd International Ananas Symposium. Martinique, France.

- Morales, M. 2001. *Comportamiento fisiológico del fruto de piña nativa (Ananas comosus L. Merrill.) c.v. India bajo condiciones de almacenamiento durante el periodo de posrecolección*. Tesis (pregrado). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 77 pág.
- Moshe, R. 2001. Activity to Trifloxystrobin against powdery and downy mildew diseases of grapevines. *Canadian Journal of Plant Disease*.
- Mourichon, X. 1983. Contribution à l'étude des taches noires (fruitlet core rot) et leathery pocket de l'ananas causés par *Penicillium funiculosuin* Thom. en Côte d'Ivoire. *Fruits* 38: 601-609.
- Navickiene S., and M.L. Ribeiro.2005. An Alternative LC-UV Procedure for the Determination of Prochloraz Residues in Fruits, *Journal of the Brazilian Chemical Society* 16:157-162.
- Nel, B., C. Steinberg, N. Labuschagne, A. Viljoen. 2007. Evaluation of fungicides and sterilants for potential application in the management of Fusarium wilt of banana. *Crop Protections* 26:697:705.
- Nery, S. F.A., J.D. Cruz M. L.C., De Oliveira L. M. L., De Vilela R. 2001. Controle químico da podrião penducular de mamão causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. *Ciencia e Agrotecnologia* 25:519:524.
- Ochoa, D. 2004. Determinación de los niveles de sensibilidad en aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* hacia tres fungicidas comúnmente utilizados en su control. Trabajo de grado para optar por el título de Microbiólogo Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias Básicas.
- OIRSA. 2011 (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria).
- Orozco S M. 2008. Nuevos Mecanismo de acción de Fungicidas en la Agricultura: Clasificación de Fungicidas (en línea). Mazatlan, Sinaloa; Méx. INIFAP. Consultado el 08 oct. 2010. Disponible en:

[http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/files/extranet/\\$file/MODOS%20DE%20ACCION%20DE%20FUNGICIDAS.pdf](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/files/extranet/$file/MODOS%20DE%20ACCION%20DE%20FUNGICIDAS.pdf)

- Ortiz ,B, R. 1989. Manejo de la resistencia a Fungicidas. México, CIBA-GEIGY.
- Patiño, L. Rodríguez, M. 2001. Aislamiento e identificación de hongos fitopatógenos y evaluación de fungicidas frente a los hongos más relevantes en vid (*Vitis vinifera*), variedad chardonnay en el viñedo san Martín en el municipio de Sogamoso, departamento de Boyacá. Trabajo de grado para optar por el título de Microbiólogo Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias Básicas.
- Paull, R.E. 1997. Pineapple. Pág. 291-323 En Mitra, S.K. (ed.), *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CAB International. New York.
- Paull, R.E. y C.C. CHEN. 2000. Pineapple. Postharvest quality maintenance guidelines. Un published.
- Ploetz, R.C. 2001 .Significant diseases in the tropics that are caused by species of *Fusarium*, B.A. Summerell, J.F. Leslie, D. Backhouse, W.L. Bryden, L.W. Burgess, Editors , *Fusarium: Paul Nelson Memorial Symposium*, The American Phytopathological Society Press, St Paul (2001), pp. 295–309.
- Pulido, P. 2000. *Desarrollo reproductivo de la piña en el piedemonte amazónico colombiano y su respuesta a la inducción con etileno*. Tesis (pregrado). Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología, Universidad de los Andes. Bogotá. 97 pág.
- Py C. y M. Tisseau. 1969. La piña tropical. Primera edición española. Editorial Blume. Barcelona, España. 278 p.
- Py, C. 1969. La piña tropical. Barcelona, España, Blume. 278 p.

Quijandría G, Berrocal, J. y Pratt L.1997. La Industria de la Piña en Costa Rica Análisis de Sostenibilidad.

Ramos, G. 1989. Evaluación de tres fungicidas sistémicos (Tilt, Tecto 60, Topas) inyectados al suelo para el control de la pudrición Texana *Phymatotrichum omnivorum* (SHEAR) DUGGAR, En Nogal Carya Illinois (WONG) KOCH, E n Marin , N,L. TESIS DE Licenciatura. Universidad de Nuevo León Facultad de Agronomía.

Rebolledo M. 1992. Analisis del crecimiento y nutrición de la Piña en su fase vegetativa en el Bajo Papaloapan. Tesis de Maestria en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mexico. 119p.

Rebolledo, M.A., Uriza A.D.E., Pérez A.DEL A., Rebolledo L.M., Zetina L.R. 2011. La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, Mex. Libro Técnico No. 27. 306p.

Rebolledo, M.L., Uriza A.D.E., Rodriguez J.G., Rebolledo M.A. 1998. Tecnología para la producción de piña en México. Libro técnico No.20. SAGAR.INIFAP.CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 159 p.

Rebolledo, M.L., Uriza A.D.E., Rodriguez J.G y Rebolledo M.A. 2005. Mechanized application of calcium carbide, ethylene gas and ethephon for pineapple forced flowering. p.40. *In*: 5th International Pineapple Symposium. Port Alfred, South Africa.

Reyes Rubén D. 1985. Manual Técnico de Producción de Piña. Panamá 1985, Pág. 13

Rohrbach, K G. And Phillips, D. J. 1990. Postharvest diseases of pineapple. Acta Hort. 269:503-508.

Rohrbach, K. G. And Taniguchi, G. 1984. Effects of temperature, moisture, and stage of inflorescence development on infection of pineapple by *Penicillium funiculosum* and *Fusarium moniliforme* var *subglutinans*. Phytopathology 74: 995-1000.

- Rohrbach, K. G.; D. P. Schmitt: *Pineapple. Compendium of Tropical Fruits Diseases*, Part IV, The American Phytopathological Society, EE.UU., 1994.
- Rohrbach, K.G. and Pfeiffer, J. 1976. Susceptibility of pineapple cultivars to fruit diseases incited by *Penicillium funiculosum* and *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 66: 1386-1390.
- Rohrbach, K.G., APT, W.J., 1986. Nematode and disease problems of pineapple. *Plant Dis.* 70, 81–87.
- Rohrbach, K.G., Namba, R. And Taniguchi, G. 1981. Endosulfan for control of pineapple interfruitlet corking, leathery pocket and fruitlet core rot. *Phytopathology* 7:1006.
- Saborío D. & Camacho O. 1996. Descripción del manejo poscosecha y factores de rechazo de piña para la exportación de la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 20 (1): 67-73.
- Salazar, C.; A. García y E. Arevalo. 1984. *Sistemas de cultivo de la piña*. ICA. Pág. 1-16.
- Salazar, R. Y A. Garcia. 1996. *Control de enfermedades y plagas en la piña*.
- Samson, R., Legendre, J.B., Christen, R., Fischer-Le Saux, M., Achouak, W., Gardan, L. (2005). Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder *et al.* 1953) Brenner *et al.* 1973 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **55**: 1415-1427.
- Sánchez P. V y Caraveo De J. L. F. 1997. El sistema producto-piña en México: Situación, tendencias, problemática y alternativas. Centro de Investigaciones

Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial de la Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Sandoval, B.C. 2004. Manejo de enfermedades en cultivos hidropónicos. FAO. Oficina Regional para America Latina y el Caribe. [Consultado el 15 de febrero de 2011]. (<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/integral1.pdf>).

Santoyo C. y Vinicio H.1992. Cofrinsa y las organizaciones de productores piñeros en la cuenca del Bajo Papaloapan: lineamientos para su transferencia. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial de la Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Serna, V.J. 1998. El cultivo de la piña. Manual técnico. FEDECAFÉ-PROEXPORT. 114 pág.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2013. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Consultado en enero de 2013.

Sether, D.M., Ullman, D.E. and hu, S.J. 1998. Transmission of pineapple mealybug wilt-associated virus by two species of mealybug (*Dysmicoccus* spp.). *Phytopathology* 88:1224-1230.

Teixeira, J.B.; Cruz, A.R.R.; Ferreira, F.R.; Cabral, J.R.S.2001. Biotecnologia aplicada á produção de mudas: produção de mudas micropropagadas de abacaxi. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, Brasília, n. 19, p. 42-47.

Terralia, España1997. Sitio web (en línea) Madrid, España. Consultado 10 octubre 2010. Disponible en http://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico.

Uriza A., D., M. A. Rebolledo, M.J.D. Orona, M.R. Zarate, M.J.J.J. Reyes V. R. Mosqueda. 1994. Manual de producción de piña para Veracruz y Oaxaca. SARH-INIFAP. Campo Experimental Papaloapan. Folleto Técnico 2. Mexico. 89 p.

- USDA. National Nutrient Database for Standard Reference. Accessed 26 Nov 2009.
www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/index.html
- Ventura, J. A. 1994. Fusariose do abacaxizeiro: caracterização do patógeno, epidemiologia da doença, resistência e micropropagação do hospedeiro. 111f. Tese (Doutorado em Fitopatologia)- Universidad Federal de Viçosa, Viçosa.
- Ventura, J. A. 1994. Pineapple fusariosis: Characterization of the pathogen, epidemiology of the disease, resistance and micropropagation of the host in vitro. Ph.D. thesis. University of Viçosa, Brazil.
- VIFINEX. 2003. Seminario sobre la producción y manejo post cosecha de la piña de exportación. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional. El Salvador. 63 p.
- Villeda M.H.Y. 1998. Evaluación de cuatro fungicidas sistémicos para el control de la roya de la hoja del trigo (*Puccinia triticina* Ericks) en el valle del Yaqui, Sonora y el Batan anEdo., de México. Tesis de Licenciatura Ing. Agr. Esp. Parasitología Agrícola. Universidad autónoma de Chapingo 63p.
- Vinggaard, A. M., U. Hass, M. Dalgaard, H.R. Andersen, E. Bonefeld-Jorgensen, S. Christiansen, P. Laier, and M.E. Poulsen. 2006. Prochloraz: an imidazole fungicide with multiple mechanisms of action. International Journal of Andrology 29:186-192.
- Wilson, W. R. S., Hewajulige , I.G.N. And Abeyratne, N. 2005. Postharvest hot water treatment for the control of *Thielaviopsis* black rot of pineapple. Post Harvest Technology Group, Agro Food Technology Division, Industrial Technology Institute, 363 Baudhaloka Mawatha, Colombo 07, Sri Lanka. 36, 323 – 327.
- Windels, C. E. 2000. Economic and social impacts of Fusarium head blight: Changing farms and rural communities in the Northern Great Plains. Phytopathology 90:17-21.

CAPITULO II. ETIOLOGIA DE LA PRUDRICION DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Mer) EN POSTCOSECHA

María Dolores Sánchez Aguirre, Mc.

Colegio de Postgraduados, 2013

En el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merri) desde el 2011 se ha estado presentando una enfermedad de frutos en postcosecha de etiología desconocida, en el estado de Veracruz, México. Los frutos enfermos inicialmente registran la presencia de pequeñas manchas irregulares de color café claro en el pericarpio de los frutos, conforme va avanzando la enfermedad la mancha irregular se torna de color café oscuro y a su alrededor aumenta el área necrosada, misma que al avanzar el tejido afectado esta adquiere una apariencia flácida y húmeda. Se observo que la lesión puede ser superficial o extenderse hasta el centro de la fruta, provocando la pérdida de rigidez y la decoloración en la pulpa, por lo que objetivo de este trabajo, fue determinar el agente causal de esta enfermedad. Se realizaron colectas dirigidas a frutos con síntomas, el muestreo se realizó en un empaque comercial de piña ubicado en Isla, Veracruz. En total se colectaron 135 frutos y se obtuvieron 672 aislamientos fungosos. En este estudio se identificaron los hongos asociados a esta pudrición mediante los Postulados de Koch, morfología de la colonia y secuenciación del ADN y se determino que los hongos asociados a esta pudrición son *F. subglutinans*, *F. verticilloides* (sin. *Fusarium moniliforme*) y *F. oxysporum*.

Palabras claves: Identificación morfológica, cultural y molecular, y *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticilloides* y *Fusarium oxysporum*

CHAPTER II. ETIOLOGY OF DECAY OF FRUIT PINEAPPLE (*Ananas comosus*) Post-harvest

María Dolores Sánchez Aguirre, Mc.

Colegio de Postgraduados, 2013

In the cultivation of pineapple (*Ananas comosus* L. Merri) since 2011 has been presenting a postharvest fruit disease of unknown etiology, in the state of Veracruz, Mexico. The diseased fruits initially recorded the presence of small irregular spots of dark brown in the pericarp of the fruit, as the disease progresses irregular stain turns dark brown and around necrotic area increases, same as to move the fabric affected this becomes flaccid and moist appearance. It was observed that the lesion may be superficial or extend to the center of the fruit, causing the loss of stiffness and discoloration in the flesh, so aim of this study was to determine the causative agent of this disease. Collections were conducted aimed at fruit with symptoms, sampling was conducted in a commercial package located in Isla pineapple, Veracruz. A total of 135 fruits were collected and obtained 672 fungal isolates. In this study identified this rot fungi associated with Koch's Postulates, colony morphology and DNA sequencing and determined that fungi are associated with this rot *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides* (syn. *Fusarium monilimorfes*) and *Fusarium oxysporum*.

Key words: Identification morphological, cultural and molecular, and *Fusarium subglutinans*, *Fusarium oxysporum* and *Fusarium verticilloides*.

INTRODUCCION

El cultivo de la Piña [*Ananas comosus* (L.) Merr.] es nativo de América del Sur y es el cuarto cultivo más importante plantado en los trópicos (Quijandría *et al.*, 1997). Se clasifican botánicamente como una inflorescencia, de clase de las monocotiledóneas (Marín *et al.*, 2008). De acuerdo a la FAOSTAT (2013), en el año 2010 la exportación de piña fue de 2 907 985 toneladas, de las cuales Costa Rica fue el mayor exportador, seguido de Bélgica y Países Bajos, México se ubico en la noven posición. En México se cultiva principalmente para su exportación como fruta fresca, siendo el estado de Veracruz el principal productor (SIAP, 2013).

En el Estado de Veracruz su producción se concentra principalmente en la región de la Cuenca baja del Papaloapan que abarca los municipios de Juan Rodríguez Clara, Isla y Azueta con 28,500 has de 31,540 has que hay sembradas en el Estado. En términos de variedades, el cultivo tradicional de piña es el de la Cayena Lisa (Santoyo y Vinicio 1992). Tras varios años de investigación para poder ofrecer una mejor calidad en el producto, se incorporaron otras variedades de tamaño más pequeño que la Cayena Lisa, tales como la Champaka y MD2, siendo esta ultima la variedad más demandada a nivel mundial (Sánchez *et al.*, 1997).

Además de ser un cultivo redituable es una buena opción en la cual invertir dada a la gran gama de opciones en las que puede ser utilizada y la amplia cantidad de subproductos que se puede obtener de la fruta fresca. Su importancia radica en la generación de empleo tanto en el campo como en la industria, lo que aunado a la gran cantidad de insumos requeridos durante su desarrollo, ocasiona una fuerte derrama económica para la región (Rebolledo *et al*, 2011).

Varios e importantes organismos nocivos afectan este cultivo en diversos países que cultivan esta fruta (Bartholomew *et al.*, 2003). Condiciones desfavorables de almacenamiento, las prácticas inadecuadas de manipulación y problemas fitosanitarios como las enfermedades en postcosecha en frutos se destacan en importancia económica en frutos destinados a la exportación causando serios daños (Bastos y

Albuquerque, 2004). Algunos de los mas conocidos e importantes actualmente son fusariosis causada por el hongo *Fusarium gutiforme* Nirenberg y O'Donnell, causa mayor impacto y pérdidas en el cultivo de la piña (Matos *et al.* 2009). Tanto el material de propagación como la plantas en desarrollo vegetativo, *F. gutiforme* causa pudriciones en los tejidos infectados, como exudación de sustancia gomosa a partir de la región atacada. El patógeno penetra a través de aberturas naturales y / o las lesiones de la superficie de la fruta (Gomes *et al.*, 2009); Pudrición negra de la piña, causada por el hongo *Charala paradoxa* (De Seyn) Sacc. [Sin: *Thielaviopsis paradoxa* (De Seyn.) la enfermedad se puede presentar en cualquier parte de la planta, pero el mayor daño es la pudrición del fruto, que puede manifestarse también durante la etapa de conservación. Los síntomas foliares consisten en manchas de tamaño regular de coloración blanca amarillenta. Los frutos presentan áreas húmedas que pasan de color amarillo, amarillo oscuro, pardo a negruzco cuando están en descomposición. Las áreas afectadas se reblandecen y adquieren un olor muy característico, la podredumbre se extiende desde el extremo hasta el corazón de la fruta. En la base de los vástagos y en el tallo la coloración es similar a la de los frutos. En el material de propagación el patógeno puede provocar pudrición en la base, sobre todo si las condiciones de almacenamiento no fueron adecuadas (Hernandez *et al.*, 2010) y Pudrición del centro del fruto, esta enfermedad se conoce desde el siglo pasado, actualmente está presente en la mayoría de las zonas de cultivo de piña del mundo y causa pérdidas de rendimiento que depende del tiempo de la cosecha y del cultivo. Es causada por cualquiera de los siguientes patógenos, *Penicillium funiculosum* Thom., *Fusarium moniliforme* Sheld. o *F. subglutinans* o por un complejo de ellos (Keetch, 1977; Mourichon, 1983; Rohrbach y Pfiffer, 1976; Rohrbach y Taniguchi, 1984 , los síntomas de la pudrición del centro del fruto se caracteriza por una translucidez suave y una podredumbre parda en la zona central (Rohrbach y Pfiffer, 1976). A veces el tejido infectado forma zonas corchosas, originando una pudrición seca (Keetch, 1977); De estas enfermedades, en México no esta reportado la fusariosis de la piña causada por *F.gutiforme* , sin embargo el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, mantiene actividades de vigilancia epidemiológica en los Estados de Nayarit, Veracruz y Oaxaca.

En años recientes, en la zona de mayor producción de piñas del estado de Veracruz, se encontró una enfermedad de etiología desconocida y se caracteriza por la presencia de una mancha acuosa irregular que se va extendiendo conforme avanza la enfermedad en la superficie de la fruta, lo que deteriora la calidad del producto. Se observó que la lesión puede ser superficial o extenderse hasta el centro de la fruta, provocando la pérdida de rigidez y la decoloración en la pulpa. Puede crecer un micelio de color blanco o rosa pálido en los tejidos lesionados.

La información referente a este problema es escasa, enfermedades como la fusariosis de la piña y la pudrición del centro de la fruta pudieran relacionarse con este problema, sin embargo los síntomas de estas enfermedades con respecto a la que se está estudiando son diferentes.

Este problema ha ido incrementándose en los últimos años presentándose con mayor incidencia en la época de lluvias. Dada la importancia de este cultivo en el estado de Veracruz se llevó a cabo el presente trabajo con el objetivo de: Identificar el agente causal de la pudrición de frutos de piña (*Ananas comosus*) en postcosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de muestreo

Se realizaron tres muestreos en un empaque comercial ubicado en Isla Ver., México. Los muestreos se realizaron en los meses junio, octubre y noviembre del año 2011 colectándose un total de 135 frutos de piña MD2. El muestreo fue dirigido a frutos con síntomas iniciales de la enfermedad. Las frutas colectadas se etiquetaron y se trasladaron para su análisis al laboratorio de Frutos en Postcosecha de Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México.

Determinación del agente causal y caracterización de síntomas

Para determinar el agente causal de la “pudrición de frutos de piña”, se realizó de la siguiente manera y en apego a probar los postulados de Koch, Agrios (2005). La descripción de los síntomas de la enfermedad se determinó en 10 frutos enfermos con los síntomas típicos de la pudrición

Aislamiento del patógeno

A partir de frutos con síntomas, se cortaron secciones de tejido de la zona de avance de la enfermedad de 0.5 cm^2 . Se desinfectó el material con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos, posteriormente los tejidos se enjugaron con agua destilada estéril por 2 minutos y se colocaron sobre sanitas estériles. En condiciones asépticas se colocaron 5 piezas de tejido por caja Petri con medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). Las cajas se incubaron durante 48 h bajo una luz blanca continua a $30^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Se sembraron en total 800 fragmentos de tejido. De los tejidos sembrados se obtuvieron 672 aislamientos ver (Apéndice 1).

Purificación de cepas

Las colonias fungosas predominantes se clasificaron por color de la colonia y fueron transferidas a nuevas cajas con PDA y se obtuvo un cultivo monosporico de cada colonia, utilizando la técnica de Manandhar *et al* (1995), sobre la colonia de 8 días de edad desarrollada en cajas Petri con PDA se colocaron 1000 microlitros de agua destilada estéril con una micropipeta. El agua se mezcló con el micelio y conidios utilizando una varilla de vidrio estéril; posteriormente se recuperaron 100 microlitros de la solución de conidios, se colocaron en un tubo Eppendorf de 1.5 ml de capacidad y se aforo con agua destilada estéril. El contenido del tubo se vació a una caja petri con Agua Agar (AA), se distribuyo en toda la caja y se dejo reposar por 5 segundos, posteriormente se desecho el exceso de agua contenido en la caja sobre dos sanitas estériles. Cada aislamiento se incubó a 27°C durante 24 horas. Con la ayuda de un microscopio estereoscópico, de cada aislamiento se seleccionó un conidio individual geminado y se transfirió para su incremento a medio PDA y se mantuvo en incubación a 27±1 °C en una cámara de crecimiento. Estos cultivos monosporicos fueron utilizados para realizar las pruebas de patogenicidad e identificación.

Pruebas de patogenicidad

Se verificó la patogenicidad de los aislamientos obtenidos en frutos de piña sanos y en estado de madurez 1 (figura 1A). Los frutos se desinfestaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 3 minutos y se enjugaron con agua destilada estéril dos veces. Los frutos fueron colocados en charolas de unicel desinfestadas y se cubrieron con tela de holganza para evitar contaminación por plagas (Figura 1B). Se inocularon 15 frutos por cada uno de los 3 aislamientos obtenidos de *Fusarium* sp. y se incluyeron 15 frutos testigos.

Modo de inoculación

La técnica utilizada para la inoculación fue la técnica del palillo descrita por De Mello *et al.*, (2011). La inoculación de los frutos se realizó sobre el pericarpio con un palillo de madera estéril, se hicieron 3 heridas por frutos (Figura 1C). De cada uno de los

aislados obtenidos de *Fusarium* sp de 10 días de edad se les introdujo un palillo estéril el cual se impregno con masas de conidios (Figura 1D) y posteriormente este palillo se introdujo en cada una de las heridas hechas a los frutos (Figura 1E). Al testigo se le inoculó agua destilada estéril con la ayuda de una jeringa y después se le colocó un palillo esterilizado para tapar la herida (Figura 1F). El método de inoculación se utilizó para cada aislado en forma individual. Los frutos se mantuvieron protegidos a 24 ± 2 °C. Los frutos se observaron cada tercer día, registrando las lesiones que se desarrollaron alrededor del sitio de inoculación y la severidad de los daños se evaluó a los 15 días después de la inoculación de acuerdo al área de la lesión en el punto de inoculación. Para ello se utilizó un Vernier digital y para la medición del daño se cortó la parte de la cascara y se midió el diámetro de la lesión en la pulpa. Con los datos obtenidos se hizo un análisis de varianza y pruebas de comparación de media (Tukey 0.05).

Reaislamiento e identificación del patógeno

Una vez desarrollados los síntomas similares a los observados en campo, se cortaron fragmentos de 0.5 cm, utilizando la técnica anteriormente descrita que consiste en lavar los fragmentos con dos cambios de agua destilada estéril, se secaron con papel estéril y se sembraron en cajas de Petri con medio de cultivo PDA. Las cajas se incubaron a luz blanca continua a ± 24 °C. Una vez desarrollados los microorganismos en el medio de cultivo se realizaron preparaciones en portaobjetos y se hicieron observaciones en microscopio estereoscópico y compuesto para su plena identificación.

Caracterización morfológica

Para llevar a cabo la Identificación morfológica de los cultivos monoconidiales, se tomó un disco con micelio del contenido de la caja con PDA y se transfirió a cajas Petri con los medios de cultivo hojas de clavel-agar (CLA; 20gr de agar en un litro de agua destilada, y 12 piezas de hojas de clavel estériles), y cultivo PDA (Montiel-González *et al.*, 2005). A los 14 días se realizó la observación de características microscópicas de las colonias como son: la presencia o ausencia de macro y Microconidios, el tipo de

celulasconidiogenicas y la formación de cadenas de conidios. La ubicación taxonómica se basó en las claves de Barnett, y Hunter (2006) y Leslie y Summerell (2006). Las colonias desarrolladas en el medio de cultivo PDA se mantuvieron 14 días aproximadamente para observar el color de ellas. Las cepas fueron almacenadas en medio PDA aceite mineral a 4°C (Massa, 1991).

Caracterización molecular

De los 3 aislamientos se obtuvieron cultivos monoconidiales para extraer ADN de micelio producido en caldo de papa (200 g papa, 20 g dextrosa y 1000 mL agua destilada) y en agitación constante a 200 rpm por 72 h. La extracción de ADN se hizo de acuerdo a Ahrens y Seemüller (1992), la evaluación de la calidad por electroforesis en gel de agarosa (Ultrapure, Gibco, USA) a 1%, y la cuantificación en un espectrofotómetro Perkin Elmer® (Lambda BIO 10). Para la amplificación de las regiones internas ITS1 e ITS2 se usaron los iniciadores universales ITS1 (TCCGTAGGTGA–ACCTGCGG) e ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) (White *et al.*, 1990). La mezcla de reacción de PCR constó de: agua ultrapura estéril (13.22 µL); solución amortiguadora 1X (2.5 µL); MgCl₂ a 2.5 mM (2.08 µL); dNTPs a 0.2 mM (2 µL); iniciadores ITS1 e ITS4 a 20 pMol cada uno, 2 fih por iniciador; Taq–DNA polimerasa 1 U (Biotecnologías Universitarias®), 0.2 µL; y muestra problema de ADN 80 ng (1 µL), con volumen final de 25 µL. La reacción se efectuó en un termociclador Perkin–Elmer (Mod. CT 2400) con el siguiente programa: desnaturalización inicial a 95 °C, por 2 min; 30 ciclos de desnaturalización a 95 °C, por 1 min; alineamiento a 50 °C, por 30 s; extensión inicial a 72 °C por 2 min; y una extensión final a 72 °C por 10 min. El producto de PCR se analizó por electroforesis en gel de agarosa (1 %) y tiñó con bromuro de etidio. El producto amplificado se visualizó en un transiluminador (Gel Doc 2000, BIO RAD®). La purificación del fragmento amplificado se hizo con QIAquick® PCR Purification Kit, según el protocolo de la compañía. El producto se secuenció en dos direcciones (5' 3' y 3 5') en un equipo ABI PRISM 3700®. La secuencia se analizó con el software Lasergene® 2001 Versión 5 (DNASTAR, 2001), y se alineó con la base de datos del Banco de Genes del National Center for Biotechnology Information (NCBI). De los valores cuantitativos generados, se consideró el de mayor valor y se generó un

índice de similaridad con el programa de alineamiento para dos secuencias por "Martinez NW Method" de DNASTAR. Las secuencias de estudio se depositaron en el Banco de Genes del NCBI.

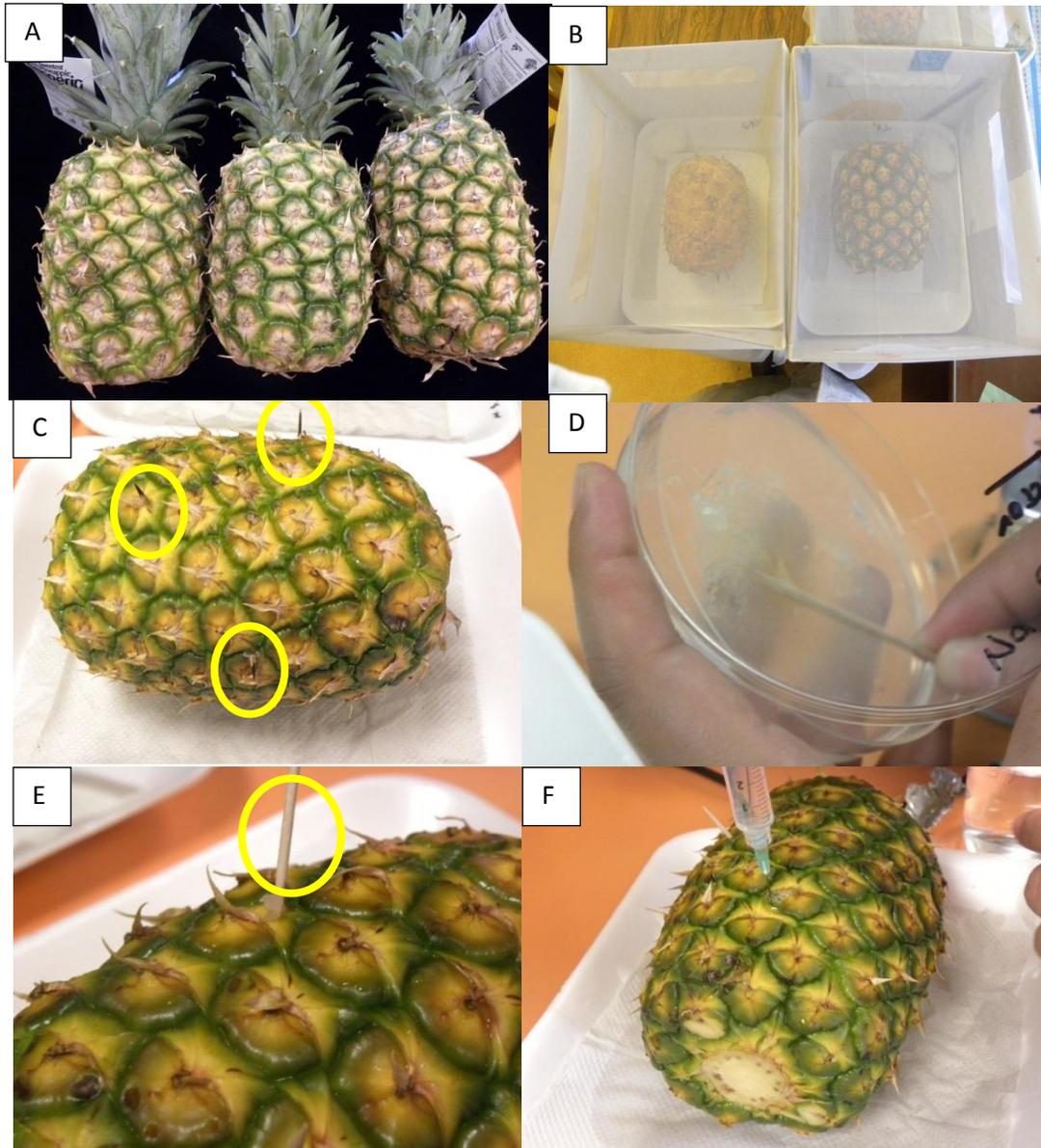


Figura 1. A) Frutos en estado de madurez 1. B) Frutos cubiertos con tela de holganza. C) Heridas hechas a los frutos. D) Palillo impregnado con conidios. E) Introducción del palillo en el fruto impregnado con masas de conidios. F) Inoculación del testigo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización de síntomas de la “pudrición de frutos de piña”

Los frutos colectados, presentaron la enfermedad, mostrando los siguientes síntomas: Los frutos enfermos inicialmente registran la presencia de pequeñas manchas irregulares de color café claro en el pericarpio de los frutos y la pulpa empieza a tomar un color miel claro (Figura 2 A,B), conforme va avanzando la enfermedad la mancha irregular se torna a color café oscuro y a su alrededor aumenta el área necrosada, misma que al avanzar el tejido afectado esta adquirió una apariencia flácida y húmeda. Se observo que la lesión puede ser superficial o extenderse hasta el centro de la fruta, provocando la pérdida de rigidez y la decoloración en la pulpa (Figura 2 C, D). Conforme avanza la enfermedad la mancha se extiende más y en la pulpa se ve una clara maceración de los tejidos (Figura 2 E, F), Puede crecer un micelio de color blanco o rosa pálido en los tejidos lesionados (Figura 2 G).

Aislamiento del organismo asociado a la “pudrición de frutos de piña”

Las colonias desarrolladas a partir de los 800 fragmentos de tejido de la zona de avance de la enfermedad que se sembraron en medio de cultivo PDA y de los cuales se obtuvieron 672 aislamientos fungosos pertenecen al genero *Fusarium* sp y se clasificaron en 3 grupos en base al color de la colonia: grupo 1 colonia de color morado (Figura 3 A), 23% de los aislamiento, grupo 2 colonias de color naranja (Figura 3 B) 23% de los aislamientos y grupo 3 colonia color blanca (Figura 3 C) 39% de los aislados.

Pruebas de patogenicidad

Los tres aislados de *Fusarium* sp causaron pudriciones en los 45 frutos inoculados experimentalmente; cepa Blanca (Figura 4 A); cepa naranja (Figura 4 B); cepa morada (Figura 4 C); testigos (Figura 4 D). Los síntomas a los 15 días después de la inoculación fueron macha acuosa irregular de color café oscuro en el pericarpio del fruto y en la pulpa de la fruta presento flacidez y se torno a un color miel obscura en

algunos casos. Estos síntomas fueron similares para los tres aislados inoculados por separado. Estos resultados concuerdan por los descritos por De Mello *et al.*, (2011) cuando evaluó diferentes formas de inoculación con *F. guttiforme* en el cultivo de piña donde a lo 15 días mostraron síntomas las plantas inoculadas por la técnica del palillo.

En base al análisis de varianza y pruebas de comparación de media (Tukey < 0.05), se observó que existió diferencia estadística en el tamaño de la lesión con respecto a la cepa inoculada. La cepa Morada, fue la que provoco una lesión mayor de 6.94 cm de diámetro, posteriormente se siguió la cepa Blanca con 6.17 cm y por último la cepa Naranja, con una lesión de 4.02 cm de diámetro (Figura 5). La cepa Morada pertenece a la especie *Fusarium verticillioides*, esta especie se ha reportado en planta adulta y plántula causando pudrición de raíz en plantas de maíz, además de la pudrición de tallo y mazorca (Figuroa *et al*, 2010; González *et al.*, 2007). La cepa Blanca es *F. oxysporum* a pesar de que esta especie es común encontrarla como saprofítica en otros cultivos, en este caso, se observa que tiene la capacidad de causar infección en frutos de piña. En mango *F. oxysporum* es considerado como agente etiológico de la escoba de bruja (Noriega *et al.*, 1999; Mora *et al.*, 2003).

Por ultimo el aislamiento que provoco una lesión mas pequeña, fue *F. subglutinans*, esta especie es la que tiene mayor asociación con el cultivo de piña, ya que anteriormente, este hongo fue identificado como el agente causal de la fusariosis de la piña, identificado como *F. subglutinans* (Wollenw. & Reinking) P.E. Nelson Toussoun & Marasas (basiónimo: *F. moniliforme* J. Sheld var *subglutinans* Wollenw y Reinking). La especie es específico de la piña, y causa pudrición del centro de la fruta y fusariosis (Ploetz 2001). En base a su especificidad de huésped, Ventura *et al* (1993) propuso una nueva forma *specialis*, *F. subglutinans f. sp. ananas* por el hongo. Nirenberg y O'Donnell (1998) y Ventura *et al.*, (2008) describe este hongo en la actualidad como *Fusarium guttiforme* Nirenberg y O'Donnell. Afortunadamente en nuestro país *F. subglutinans*, se encuentra causando síntomas en frutos, pero el aislamiento es menos agresivo. En Cuba, y con mayor relevancia económica en fase de viveros de campo y en sistemas de aclimatización de vitroplantas, se encuentran informadas las enfermedades causadas por *Phytophthora nicotiana* Breda de Hand, *Chalara paradoxa*

De Seyn Sacc. y *Fusarium subglutinans* fsp. *ananas* (Hernández, 1999; Hernández *et al.*, 2002).

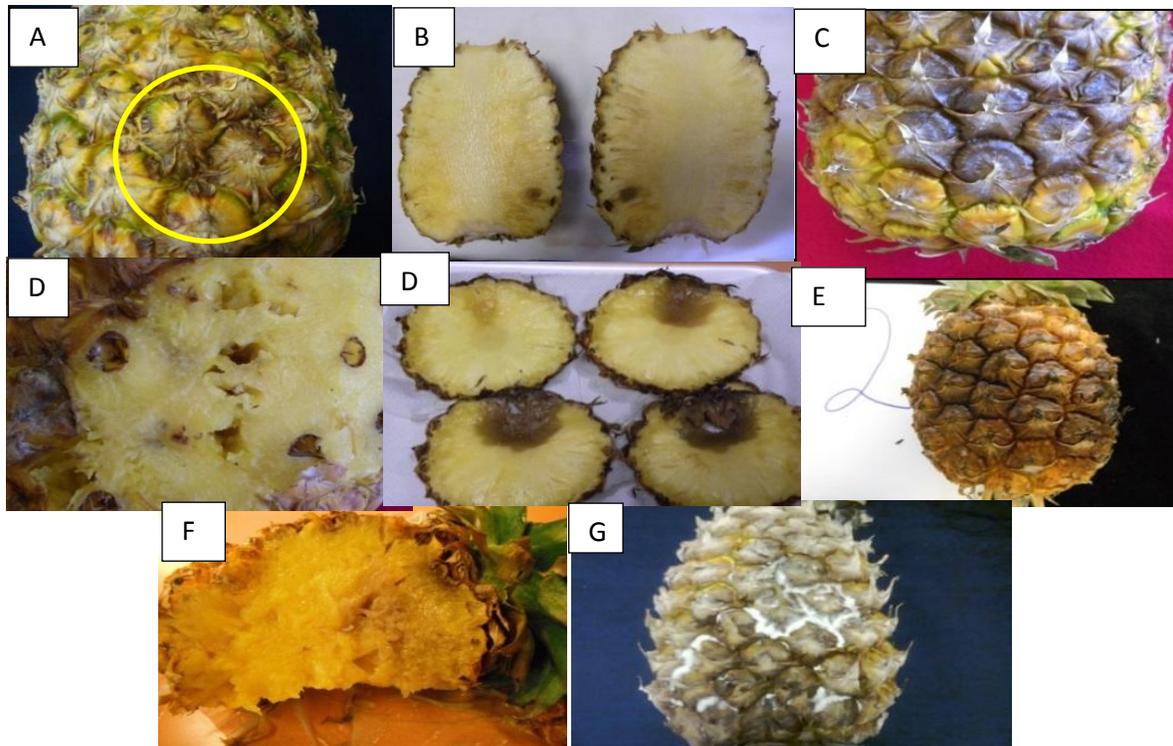


Figura 2. Síntomas de frutos de piña. A) Síntomas iniciales en el pericarpio. **B)** Síntomas iniciales en la pulpa. **C)** Síntomas avanzado donde se observa la mancha de color café oscura. **D)** Síntoma en la pulpa donde se empieza observar el colapso. **E)** Fruta afectada severamente. **F)** Maceración completa de los tejidos. **G)** Micelio de color rosa pálido en los tejidos lesionados

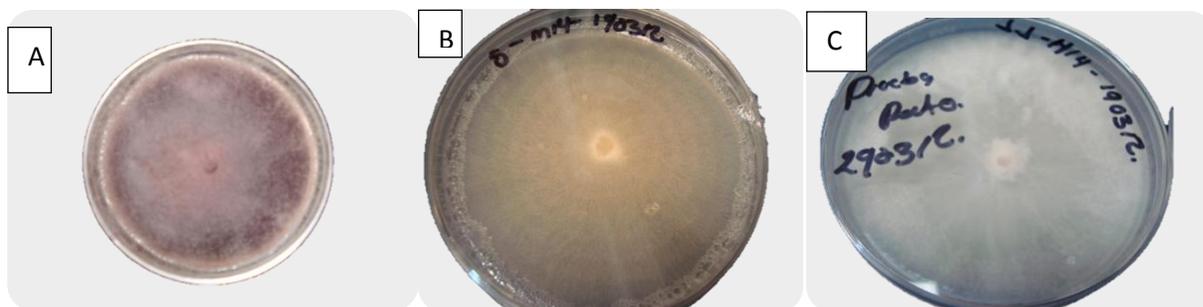


Figura 3. Colonias de las especies de *Fusarium* desarrolladas en medio de cultivo PDA. **A)** Colonia de *Fusarium verticillioides* **B)** Colonia de *Fusarium subglutinans* **C)** Colonia de *Fusarium oxysporum*.

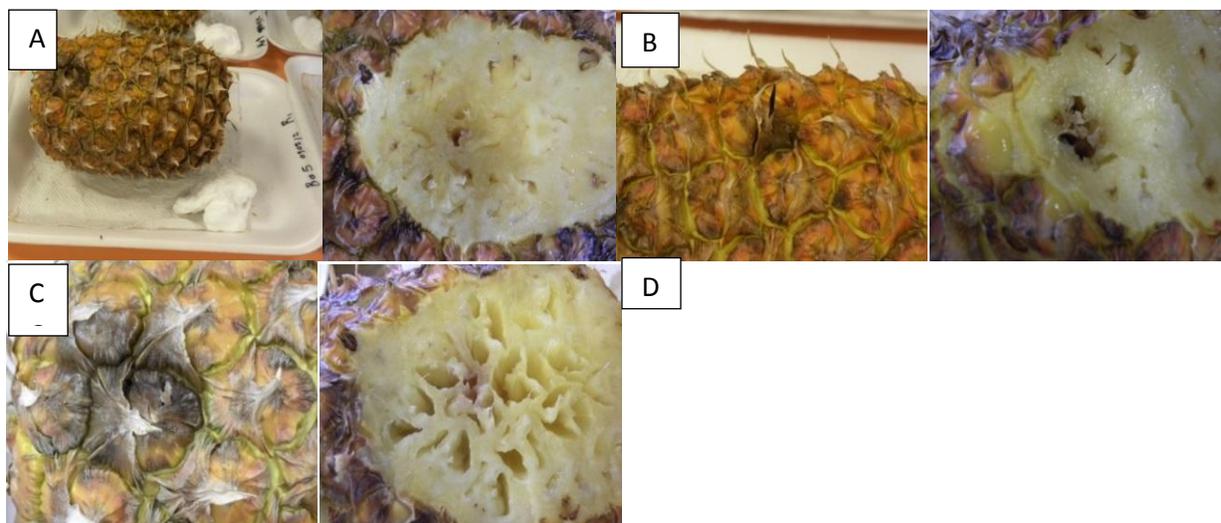


Figura 4. Síntomas producidos por las inoculaciones de las tres especies de *Fusarium* en frutos de piña. **A)** Síntomas provocados en la prueba de patogenicidad por *Fusarium oxysporum*. **B)** Síntomas provocados en la prueba de patogenicidad por *Fusarium subglutinans*. **C)** Síntomas provocados en la prueba de patogenicidad por *Fusarium verticillioides*. **D)** Testigo en las prueba de patogenicidad.

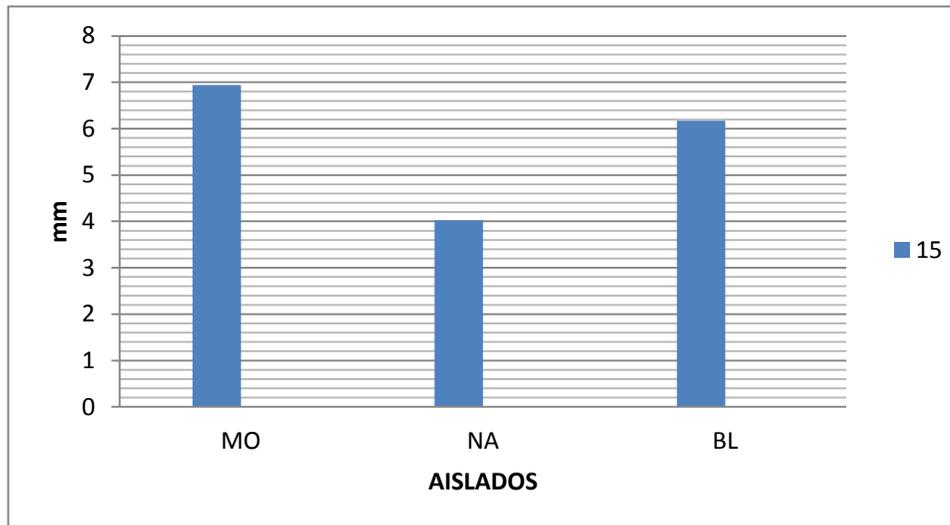


Figura 5. Volumen de pudrición de frutos de piña inducidos por tres aislamientos de *Fusarium* a 15 días de inoculados por heridas en condiciones de laboratorio.

El patrón de síntomas desarrollados por los frutos en las pruebas de patogenicidad coincidió completamente con los síntomas observados en campo. Por lo que se puede asegurar que el organismo empleado en dichas pruebas forma parte de la etiología de la enfermedad estudiada. Sin embargo estos síntomas, no corresponden a los descritos por algunas de las enfermedades reportadas en estudio previos a los de la piña en Veracruz (Rebolledo *et al*, 2011), ni en otros estados de México (Rebolledo *et al* 1998). La enfermedad Fusariosis sólo se ha reportado desde América del sur (Ploetz 2001). En Brasil la fusariosis causa pérdidas del 30 a 40% en frutos y de 15 a 20% en material de propagación (Ventura *et al*, 2009), la enfermedad puede atacar todas las partes de la planta causando la muerte del tejido colonizado generando una exudación gomosa, internamente se puede observar que las lesiones parten de la cavidad floral y avanzan hasta el eje central del fruto; inicialmente presentan una coloración clara y de aspecto encharcado, tornándose luego marrón y finalmente marrón oscuro. En Cuba, se ha reportado una enfermedad llamada "fusariosis" causada por *F. subglutinans* (Borras *et al*, 2001; Hidalgo *et al*. 1999), pero no está claro si se trata de la misma enfermedad que fusariosis en América del Sur. Una enfermedad similar conocida como pudrición del centro de la fruta se produce en Hawaii (Rohrbach y Pfeiffer 1976), y se ha asociado cepas de *F. moniliforme* y se ha hecho referencia incorrectamente como *F. guttiforme* (Nirenberg y O'Donnell 1998; Rohrbach & Schmitt 2003). Recientemente, una especie de *Fusarium* fue aislada de la piña con una

enfermedad de pudrición de la fruta en Sudáfrica, y existía la preocupación de que esto podría reflejar un primer informe de la fusariosis en el país. Alternativamente, la enfermedad podría haber sido la misma que la que se conoce como 'punto negro' y se asocia con *Penicillium funiculosum* y *F. moniliforme* 'en Sudáfrica y en México (Jacob et al., 2008).

Así, considerando los síntomas descritos para la fusariosis se pudiera descartar que esta enfermedad este presente en México.

Caracterización morfológica

AISLADO BL:

Crecimiento *in vitro*: Colonias blanquecinas con ciertos matices crema; micelio aéreo abundante, blanco cremoso, llegando a cubrir toda la capsula de petri en un periodo de 6 a 7 días. Habito del crecimiento del micelio en forma radial. En algunos casos se generaron colonias con poco desarrollo del micelio aéreo, el micelio se observó hialino y septado,

Características microscópicas: Se observó la presencia de: Microconidios: abundantes, de forma ovalada, sin septas, dimensiones 5,75 - 14,6 μm X 2,5 - 5,20 μm ; Macroconidios: Presentes (pocos), de forma ovalada, en menor cuantía que las anteriores en el medio de cultivo, dimensiones 20,8 - 31 μm X 2,6 - 5 μm ; con 1 a 5 septas, lo característico fue observar 2 septas y excepcionalmente 5; Clamidosporas: Presentes, forma redonda, paredes oscuras y gruesas, con un diámetro de 5,20 - 12 μm , abundantes en la medida que el medio de cultivo tiende a deshidratarse, lo que indica su funcionalidad como estructura de resistencia. En base a sus características se identifico como *Fusarium oxysporum* (Figura 4).

AISLADO MO

Crecimiento *in vitro*: Colonias blancas al principio, conforme avanza la edad de la colonia se vuelve color violeta, cubriendo la caja petri en 10 días, crecimiento en forma radial, micelio hialino septado de topografía lisa. En algunos casos se generaron colonias que desde el inicio de su crecimiento eran de color violeta purpura.

Características microscópicas: Microconidios en forma de mazas, oval, unicelular, sin septos su tamaño es de 7-10 x 2,5-3,2 µm. No se observó la presencia de macroconidios. Las células conidiógenas presentes fueron monofiálides delgadas y largas. Se formaron cadenas largas de conidios.

En base a estas características se identificó como *Fusarium verticilloides* (Figura 4).

AISLADO NA

Crecimiento *in vitro*: Colonias blancas al principio, conforme avanza la edad de la colonia se vuelve color naranja, cubriendo la caja petri en 8 días, crecimiento en forma radial, micelio hialino con septos. El micelio no es muy algodonoso.

Características microscópicas: Se observó la presencia de Microconidios hialinos de forma oval, unicelular en falsas cabezas de 4.3-17.2 x 1.2-3.1 µm. Se observó la presencia de abundantes polifialides sin septos.

En base a estas características se identificó a unos de los aislamientos obtenidos en los frutos enfermos de piña como *Fusarium subglutinans* (Figura 6).

Las características culturales y estructurales reproductivas asexuales en los medios de cultivo PDA y CLA de *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides* y *Fusarium oxysporum* coinciden con los reportados por Leslie y Sumerall (2006); y sus registros morfométricos fueron concordantes con los encontrados por Martínez *et al.* (1995) y Martínez (2008) (*F. oxysporum*), Marasas *et al.* (2006) y García (2012) (*F. subglutinans*) y Solano *et al.* (2011) y Figueroa *et al.* (2010) (*Fusarium verticillioides*).

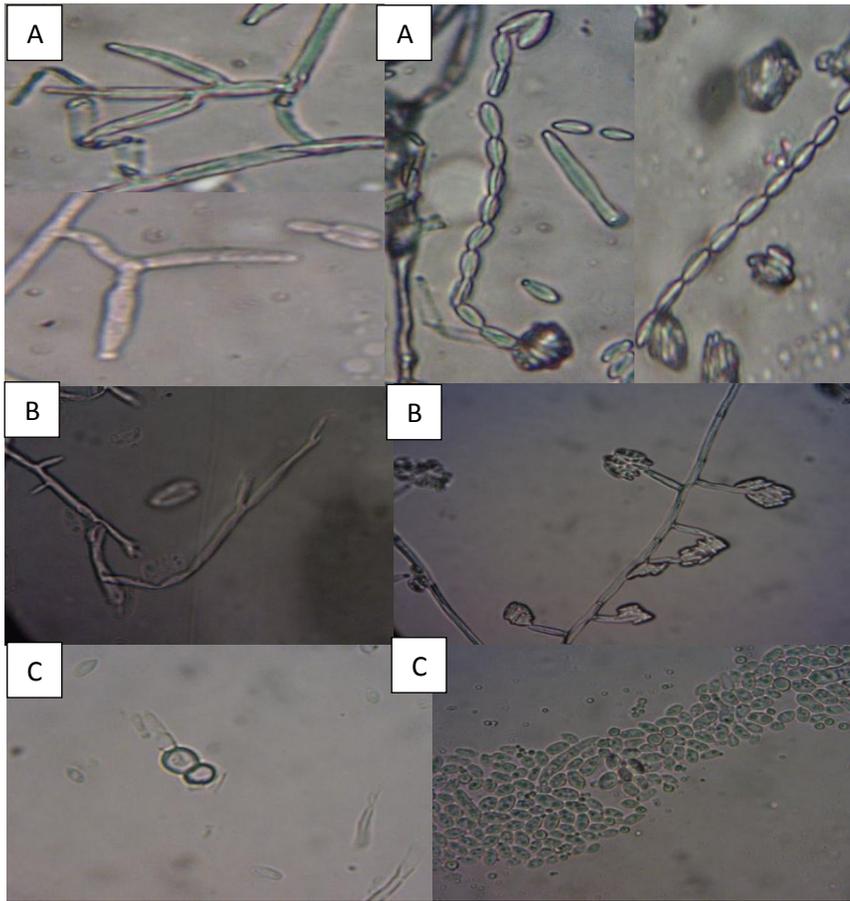


Figura 6. Características morfológicas. **A)** *Fusarium verticillioides* monofialides y cadenas largas de conidios. **B)** *Fusarium subglutinans* polifialides y conidios en falsas cabezas. **C)** *Fusarium oxysporum* clamidosporas y micro y macro conidios.

Caracterización molecular

El análisis molecular confirmó que los hongos causantes de la pudrición de frutos de piña en postcosecha en Isla Veracruz fueron *Fusarium oxysporum*, *Fusarium verticillioides* (sin. *Fusarium moniliforme*) y *Fusarium subglutinans*, la homologación en el banco de genes (NCBI) fue del 100%.(Figura 7).

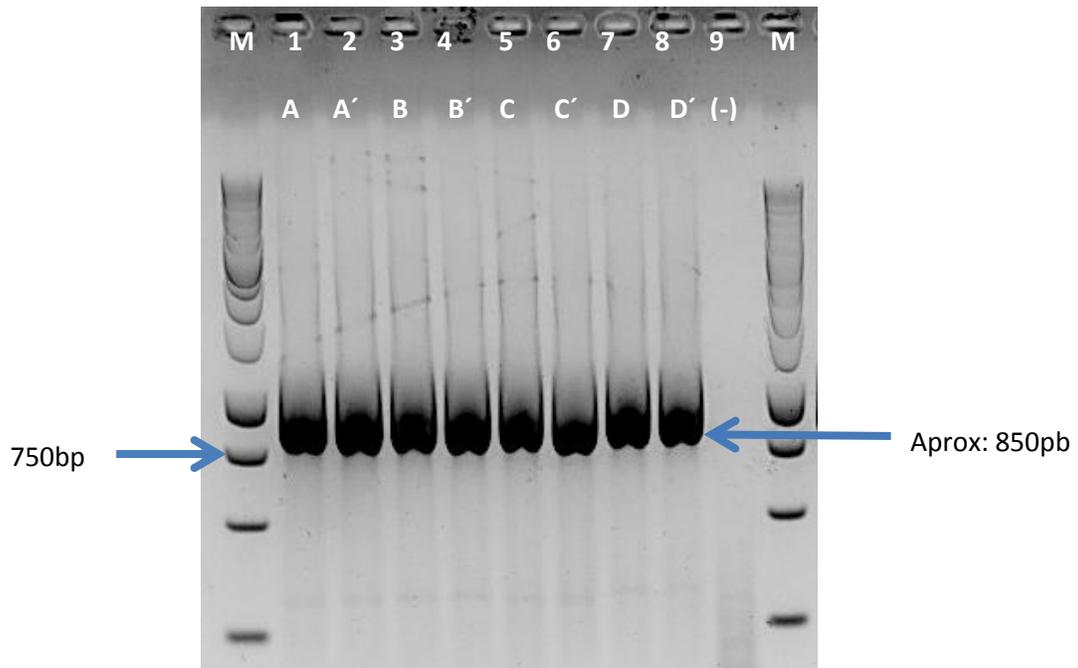


Figura 7. Gel de agarosa al 1.5% mostrando amplificación con los *primers* ITS 4/ITS 5. M: Marcador de peso molecular 1Kb. Carriles:(1,2) A, (3,4) B, (5,6) C, (7,8) D, (9) control negativo.

LITERATURA CITADA

- Agrios G N (2005). Plant Pathology. Fifth edition. Elsevier academic press pp:222.
- Ahrens, U.; Seemüller, E. (1992). Detection de DNA of plant pathogenic mycoplasma-like organisms by polymerase chain reaction that amplifies a sequence of the 16S rRNA gene. *Phytopathology* 82, 828-832.
- Barnett, L.H.; Hunter, B.B. (2006). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota. USA.
- Bartholomew, D. P., Paull R. E.; Rohrbach K. G. 2003. The Pineapple. Botany ,Production and Uses. University of Hawaii, Honolulu, CABI Publishing, EE. UU.
- Bastos, C. N., Albuquerque, P. S. B. 2004. Efeito do óleo de Piper aduncum no controle em pós-colheita de *Colletotricum musae* em banana. *Fitopatologia Brasileira*, Lavras, v. 29, n. 5, p. 555-557.
- Borras O, Santos R, Matos A.P., Cabral R.S., Arzola M. 2001. A first attempt to use a *Fusarium subglutinans* culture filtrate for the selection of pineapple cultivars resistant to fusariose disease. *Plant Breeding* 120: 435e438.
- De Mello, O. M. Da., Cordeiro, D. N. L., Pereira, L. R. 2011. Incidência de fusariose e avaliação de métodos de inoculação de *Fusarium gutiforme* em folhas de abacaxizeiro *Revista Caatinga*, vol. 24, núm. 1, pp. 137-142.
- Figuerola, R.M.G., Rodriguez, G.R., Guerrero, A.B.Z.,Gonzalez, C.M.M.,Pons, H.J.L.2010. Caracterización de Especies de *Fusarium* Asociadas a la Pudricion de Raíz de Maíz en Guanajuato , México.*Revista Mexicana de Fitopatologia*. vol 28. num.2.124-134.
- García, E. 2012. Tolerancia de Cultivares de Mango (*Mangifera indica* L.) a la Proliferación Vegetativa y Floral (*Fusarium* spp). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 73p.

- Gomes, E. C. S. *et al.* 2009. Incidência de fusariose em frutos de abacaxi 'Gold'. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 755-759.
- Gonzalez, H.A., Vázquez, G.L.M., Shagún, C.J., Rodriguez P.J.E, Pérez, L.D.J. 2007. Rendimeinto del maíz temporal y su relación con la pudrición de mazorca. Agricultura Técnica en México 33:33-42.
- Hernández, A., Rosón C., Sierra A., Concepción O., Escalante D., Pérez N. 2002. Incidence, Estimate of Losses and Management in the Control of Fungi Pathogens in Systems of Propagation of Pineapple Crops *in vitro* (*Ananas comosus* (L.)), Proccedings Fourth International Penapple Symposium, Veracruz City, Mexico, April 16-19.
- Hernández, A.; Bertha Lina Muiño García; Carmen Rosón Álvarez; Caridad Casola González; Ángela Porras González; Aliana López Mayea. 2010. Control químico de patógenos fungosos en piña de vivero (I), *Fitosanidad* 14 (1): 31-37, La Habana.
- Hernández, A.1999. Determinación, epifitiología y control de los patógenos fúngicos que afectan la fase de vivero en el cultivo de la piña, tesis en opción al título académico de Máster en Microbiología. Mención en Microbiología General, Facultad de Biología, Universidad de La Habana.
- Hidalgo OB, Santos R, Tussel RT, Pires de Matos A, Cabrl RS, Avzola M, Perez MC, 1999. Phytotoxicity of *Fusarium subglutinans* culture filtrates in vitro plantlets and calli of resistant and susceptible pineapple (*Ananas comosus*). Plant Pathology 48:756e758.
- Jacobs A.;Van W.P.S.; Marasas W.F.O.; Wingfield M.J.;Coutinho A.T. 2008. *Fusarium ananatum* sp. nov. in the *Gibberella fujikuroi* species complex from pineapples with fruit rot in South Africa. a Department of Microbiology and Plant Pathology., pp 515-527.
- Keetch, D.P. 1977. Black spot (*fruitlet core rot*) in pineapples. Farming in South Africa. Pineapple Series H. 1.

- Kumar, J.P., Jamal, T., Doetsch, A., Turner, F.R., Duffy, J.B. (2004). CREB binding protein functions during successive stages of eye development in *Drosophila*. *Genetics* 168(2): 877--893. (Export to RIS)
- Leslie, J.F., y Summerell, B.A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blacwell. Iowa USA. 388 p.
- Manandhar, J.B., G.L. Hartman & T. C. Wang. 1995. Conidial germination and appressorial formation of *Collectotrichum capsici* and *C. gloeosporioides* isolates from pepper. *Pl. Dis.* 79:361-366.
- Marin, J. O. B.; Carvalho, S. P. De; Prado, L. De A.; Pereira, J. M. 2008. Panorama general da produção de abacaxi e comportamento sazonal dos preços do Abacaxi "Pérola" comercializados em Goiás. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural 16. Rio Branco, AC. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/550.pdf>; acesso em: 13 de julho 2009.
- Massa, L.D.B. 1991. Preservação de espécies de *Fusarium* sob óleo mineral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 26:853-855.
- Massa, L.D.B. 1991. Preservação de espécies de *Fusarium* sob óleo mineral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 26:853-855.
- Matos, A. P. *et al.* 2009. Monitoramento da Fusariose em plantios de abacaxi 'Pérola' conduzidos em sistema de produção integrada no Estado do Tocantins. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 37 p. (Documentos/Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 184).
- Montiel, G. L., González F. F., Sánchez G. B.M., Guzmán R. S., Gámez V. F.P., Acosta G. J.A., Rodríguez G. R., Simpson, W.J., Cabral E. M. y Mendoza E. M. 2005. Especies de *Fusarium* (Link) presentes en raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con daños de pudriciones, en cinco estados del centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23: 1-10.

- Mourichon, X. 1983. Contribution à l'étude des taches noires (fruitlet core rot) et leathery pocket de l'ananas causés par *Penicillium funiculosuin* Thom. en Côte d'Ivoire. *Fruits* 38: 601-609.
- Mora, A.A., Téliz, O.D., Mora, A.G., Sánchez, G.P., Javier, M.J., 2003. Progreso Temporal de “escoba de bruja” (*Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21:1-12
- Martínez, F.E. 2008. Hongos patógenos del cultivo de clavel (*Dianthu caryophyllus* L.) en el estado de Morelos, México. *Investigación Agropecuaria*. 5: 1-8
- Marasas, W.F.O., Ploetz, R.C., Wingfield, M.J., Wingfield, B.D., and Steenkamp, E.T. 2006. Mango Malformation Disease and the Associated *Fusarium* Species. *Phytopathology*. 96: 667- 672.
- NCBI. 2013. National Center for Biotechnology Information (www.ncbi.nlm.nih.gov)
- Nirenberg HI, O'Donnell K, 1998. New *Fusarium* species and combinations within the *Giberella fujikuroi* species complex. *Mycologia* 90: 434e458.
- Noriega, C.D., Téliz D., Mora, A.G., Rodríguez, A.J., Zavaleta, M.E., Otero, C.G., and Lee, C.C. 1999. Epidemiology of mango malformation in Guerrero, México, with traditional and integrated management. *Plant Disease*. 83: 223-228.
- Ploetz, 2001 R.C. Significant diseases in the tropics that are caused by species of *Fusarium*, B.A. Summerell, J.F. Leslie, D. Backhouse, W.L. Bryden, L.W. Burgess, Editors , *Fusarium: Paul Nelson Memorial Symposium*, The American Phytopathological Society Press, St Paul (2001), pp. 295–309.
- Quijandría G, Berrocal Javier y Pratt Lawrence.1997. La Industria de la Piña en Costa Rica Análisis de Sostenibilidad.

- Rebolledo M. 1992. Analisis del crecimiento y nutrición de la Piña en su fase vegetativa en el Bajo Papaloapan. Tesis de Maestria en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mexico. 119p.
- Rebolledo, M.A., Uriza A.D.E., Pérez A.DEL A., Rebolledo L.M., Zetina L.R. 2011. La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. Campo experimental Cotaxtla, Veracruz. Libro técnico No. 27. 306p.
- Rebolledo, M.L.;Uriza A.D.E.; Rodriguez J.G y Rebolledo M.A. 1998. Tecnologia para la producción de piña en México. Libro técnico No.20. SAGAR.INIFAP.CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 159 p.
- Rohrbach KG, Schmitt D, 2003. Diseases of pineapple. In:Ploetz RC (ed), *Diseases of Tropical Fruit Crops*. CABI Publishing,Oxford, pp. 443e464.
- Rohrbach, K. G. And Taniguchi, G. 1984. Effects of temperature, moisture, and stage of inflorescence development on infection of pineapple by *Penicillium funiculosum* and *Fusarium moniliforme* var *subglutinans*. *Phytopathology* 74: 995-1000.
- Rohrbach, K.G. and Pfeiffer, J. 1976. Susceptibility of pineapple cultivars to fruit diseases incited by *Penicillium funiculosum* and *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 66: 1386-1390.
- Sánchez Peña, Víctor y Caraveo López, Felipe de Jesús. 1997. El sistema productivo de piña en México: Situación, tendencias, problemática y alternativas. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial de la Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Santoyo Cortés, Vinicio Horacio.1992. Cofrinsa y las organizaciones de productores piñeros en la cuenca del Bajo Papaloapan: lineamientos para su transferencia. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial de la Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2013. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Consultado en enero de 2013.

- Ventura, J. A., Costa H., Culik M. P., Machado P. 2008. Pineapple Fusariosis Reserch in Brazil: Progress UPDATE», *Journal of Plant Pathology* 90 (3, Supplement): S3.76. Disponible en http://www.sipav.org/main/jpp/volumes/1208/020_Session8_S71.pdf (consultado el 6 de agosto del 2009).
- White, T.J.; Lee, B.S.; Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for *phylogenetics* . *In*: Innis, M.A. Gelfand, D.A., Sninsk, J,J., White, T.J. (eds.). PCR. Protocols: A Guide to Methods and Applications, Academic Press, CA, U.S.A, p 315-322.
- Solano, B.A.R., De Leon G.A.C., Valdovinos P.G., Rojas S.V.H., Rojas S.L. 2011. La pigmentación de *fusarium verticillioides* (sacc.) como factor de virulencia en plántulas de maíz. *Agro. Mesoam.* 22:297-307.

CAPITULO III SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS DEL AGENTE CAUSAL DE LA PUDRICION DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr) EN POSTCOSECHA

María Dolores Sánchez Aguirre, Mc.

Colegio de Postgraduados, 2013

La pudrición de frutos de piña (*ananas comosus* L. Merr.) en postcosecha es causada por un complejo de hongos: *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides* y *Fusarium oxysporum* ocasionando perdidas hasta un 50% en frutos en el estado de Veracruz. El control de estos patógenos se realizo mediante pruebas *in vitro* de cinco fungicidas triadimefon, trifloxystrobim, tiabendazol, procloraz e imazalil para la inhibición del crecimiento micelial de *F. subglutinans*, *F. verticillioides* y *F. oxysporum*. Imazalil y procloraz fueron los mas efectivos con valores de $CL_{50} < 0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, seguido de tiabendazol y trifloxystrobim con valores de $CL_{50} < 1.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Los fungicidas con buena efectividad *in vitro* deberán ser evaluados en pruebas adicionales para el control de *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides* y *Fusarium oxysporum* en frutos de piña.

Palabras clave: Fungicidas, *in vitro*, *F. subglutinans*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum* y *ananas comosus*.

CAPITULO III SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS DEL AGENTE CAUSAL DE LA PUDRICION DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr) EN POSTCOSECHA

María Dolores Sánchez Aguirre, Mc.

Colegio de Postgraduados, 2013

Fruit rot of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) In postharvest is caused by a complex of fungi: *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides* and *Fusarium oxysporum* causing losses up to 50% off in the state of Veracruz. The control of these pathogens by in vitro tests performed five fungicides triadimefon, trifloxystrobim, thiabendazole, prochloraz, and imazalil for inhibiting the mycelial growth of *F. subglutinans*, *F. verticillioides* and *F. oxysporum*. Imazalil and prochloraz were the most effective with LC50 values $<0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, followed by thiabendazole and trifloxystrobim with LC50 values $<1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Fungicides with good efficacy in vitro should be evaluated further testing for control of *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides* and *Fusarium oxysporum* in pineapple fruit.

Key words: Fungicides, *in vitro*, *F. subglutinans*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum* and *ananas comosus*.

INTRODUCCION

La piña (*Ananas comosus* L. Merri) es una especie proveniente de las regiones tropicales y subtropicales siendo consumido en todo el mundo. Destacándose Brasil como el mayor productor de piñas en América del Sur. México se ubica en la novena posición del ranking mundial con un 5% de la producción en los últimos cuatro años (FAO, 2013).

La calidad de la piña depende de la tecnología utilizada en el pre-cosecha, cosecha y post corte (post-cosecha). Durante su cultivo y después de cortar la piña es sujeta al ataque de plagas y enfermedades (Chitarra, 2004; Carvalho *et al*, 2006). De ellas las causadas por hongos ocupan un lugar de importancia a escala mundial. Entre las de mayor repercusión económica se encuentran la fusariosis, que afecta tanto la planta como los frutos, causada por *Fusarium subglutinans* (Wr. & Rein.) P. E. Nelson, T. A. Tousson & Marasas, identificado en la actualidad como *Fusarium guttiforme* sinonimia de *F. subglutinans* fsp. *anana* (Ventura *et al.*, 2008), además de los daños a hijos, plantas en desarrollo y próximas a la cosecha causados por *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan, y la pudrición de frutos y propágulos por *Chalara paradoxa* (De Seyn) Sacc. (Rohrbach y Schmitt, 1994).

Internacionalmente el control de estas enfermedades concierne a la utilización de un grupo reducido y estable de ingredientes activos y estrategias. Se emplean tratamientos de fungicidas preventivos (Carvalho *et al.*, 2007), además de mantener la utilización del carbendazin, preferentemente para el control de *Fusarium* (Rohrbach y Schmitt, 1994), captafol y fosetil-Al contra *Phytophthora nicotianae* (Erwin y Ribeiro, 1996), con buena efectividad en el caso de fosetil-Al, según Rohrbach y Schmitt (1994) sobre este Omycete, situación que muestra la necesidad de ampliar con nuevas opciones.

En México, y específicamente en Isla Veracruz, en los últimos años se trabaja por restablecer, consolidar e incrementar la producción de este cultivo, acciones que justifican la realización de investigaciones, dentro de las cuales son fundamentales las

dirigidas a garantizar una eficiente protección fitosanitaria, que implican determinar la eficacia de ingredientes activos con diferentes mecanismos de acción sobre patógenos fungosos que afectan a este cultivo. Bajo este contexto el presente trabajo tiene como objetivo Evaluar la efectividad *in vitro* Procloraz, Imazalil, Trifloxystrobin, Tiabendazol y Triadimefon y determinar la CL₅₀.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizo en laboratorio de Frutos en Postcosecha de Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México.

Aislamiento, purificación e identificación de *Fusarium oxysporum*. *Fusarium subglutinans* y *Fusarium verticilloides*.

Las cepas de *Fusarium oxysporum*. *Fusarium subglutinans* y *Fusarium verticilloides*, se aislaron de frutos de piña con síntomas iniciales de la enfermedad, procedentes del municipio de Isla, Veracruz. , se cortaron secciones de tejido de la zona de avance de la enfermedad de 0.5 cm². Se desinfesto el material con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos, posteriormente los tejidos se enjugaron con agua destilada estéril por 2 minutos y se colocaron sobre sanitas estériles. En condiciones asépticas se colocaron 5 piezas de tejido por caja Petri con medio de cultivo papa-dextrosa-.agar (PDA). Las cajas se incubaron durante 48 h bajo una luz blanca continua a 30°C ± 2°C. Se sembraron en total 800 fragmentos de tejido. De los tejidos sembrados se obtuvieron 672 aislamientos fungosos. Las colonias fungosas predominantes se clasificaron por color de la colonia y fueron transferidas a nuevas cajas con PDA y se obtuvo un cultivo monosporico de cada colonia, utilizando la técnica de Manandhar *et al* (1995). Las especies se identificaron morfológicamente en base al color de la colonia, forma de la célula conidiogénica, presencia o ausencia de clamidosporas y presencia o ausencia de micro y macro conidios de acuerdo con las claves de Barnett, y Hunter (2006) y Leslie y Summerell (2006).

Determinación de la concentración letal media (CL₅₀) sobre el desarrollo micelial de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium subglutinans* y *Fusarium verticilloides*.

Los fungicidas Procloraz, Imazalil, Trifloxystrobim, Thiabendazol y Triadimefon se evaluaron *in vitro* a concentraciones de 0.1, 1, 10, 100, 500 y 1000 mg·L⁻¹ (Cuadro 1), añadidos cuando el medio PDA alcanzó una temperatura de 50°C (a medio líquido) (Zavala-León *et al.*, 2005), y posteriormente el medio se vertió en cajas Petri de 8.5cm de diámetro para su solidificación y su uso.

Cuadro 1. Fungicidas evaluados para el control de la “pudrición de frutos de piña en postcosecha”

TRATAMIENTOS		DOSIS	MODO DE ACCION	GRUPO QUIMICO
No.	Productos			
1	Testigo	_____	_____	_____
2	Procloraz	1. 0.1 mg·L ⁻¹ 2. 1.00 mg·L ⁻¹ 3. 10 mg·L ⁻¹ 4. 100 mg·L ⁻¹ 5. 500 mg·L ⁻¹ 6. 1000 mg·L ⁻¹	Sistémico	Imidazol
3	Imazalil	1. 0.1 mg·L ⁻¹ 2. 1.00 mg·L ⁻¹ 3. 10 mg·L ⁻¹ 4. 100 mg·L ⁻¹ 5. 500 mg·L ⁻¹ 6. 1000 mg·L ⁻¹	Sistémico	Imidazol
4	Trifloxystrobim	1. 0.1 mg·L ⁻¹ 2. 1.00 mg·L ⁻¹ 3. 10 mg·L ⁻¹ 4. 100 mg·L ⁻¹ 5. 500 mg·L ⁻¹ 6. 1000 mg·L ⁻¹	Sistémico	Estrobilurina
5	Thiabendazol	1. 0.1 mg·L ⁻¹ 2. 1.00 mg·L ⁻¹ 3. 10 mg·L ⁻¹ 4. 100 mg·L ⁻¹ 5. 500 mg·L ⁻¹ 6. 1000 mg·L ⁻¹	Sistémico	Benzimidazol

6	Triadimefon	<ol style="list-style-type: none"> 1. 0.1 mg•L-1 2. 1.00 mg•L-1 3. 10 mg•L-1 4. 100 mg•L-1 5. 500 mg•L-1 6. 1000 mg•L-1 	Sistemico	Triazoles
---	-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------	-----------

Desarrollo micelial

De las colonias de 15 días de crecimiento se extrajeron discos de micelio de 5mm de diámetro y se colocaron en el centro de las cajas petri con PDA con las concentraciones de los fungicidas (cuatro repeticiones por tratamiento) e incubaron a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Se evaluó el crecimiento de la colonia al medir diámetro polar y ecuatorial en (mm) cada 24 h, con la ayuda de un Vernier digital (Trupper ®). Las mediciones terminaron a los diez días, tiempo en el que el testigo (sin fungicida) lleno la caja (Casarrubias *et al.*, 2003).

Diseño experimental y análisis de datos

En cada concentración se calculó la inhibición del crecimiento micelial en porcentaje respecto al tratamiento control (PDA sin fungicida). Los porcentajes de inhibición del crecimiento micelial se convirtieron a valores a Probit y se trazaron a valores de \log_{10} de la concentración del fungicida. Con base en un análisis de regresión Probit, se calcularon los valores de la concentración letal CL_{50} y CL_{90} , que inhiben el 50% y 90% del crecimiento micelial, respectivamente. Los valores de CL_{50} y CL_{90} , se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente aleatorio con el Modelo Lineal General (GLM) y las medias de los tratamientos se compararon utilizando la prueba (Tukey, 0.05) (Martinez *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSION

Aislamientos

De las 672 colonias desarrolladas por hongos se identificó que pertenecen al género *Fusarium* sp y en base a sus características macroscópicas y microscópicas se identificaron como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium subglutinans* y *Fusarium verticillioides* (Figura 1) usando las claves de Leslies y Sumerall (2006).

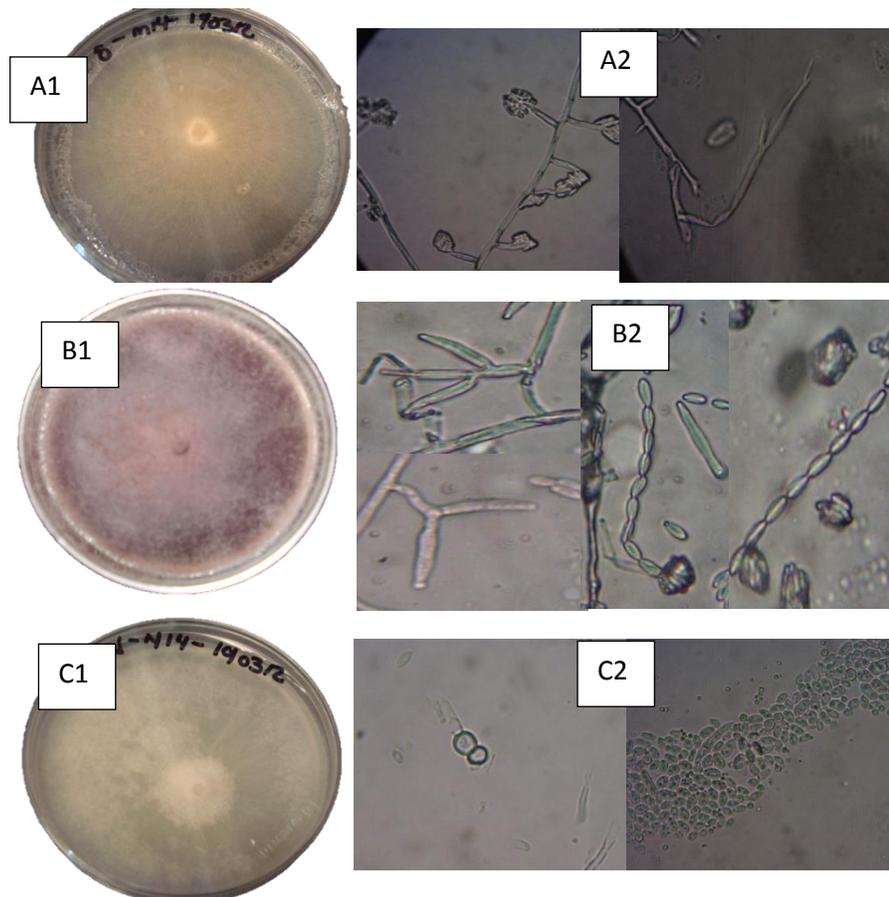


Figura 1. 1) Colonia color naranja de *Fusarium* sp; **2)** Estructuras microscópicas; **A)** Polifialides y conidios en falsas cabezas estructuras de *Fusarium subglutinans*; **B)** Cadenas de conidios y monofialides, estructuras de *Fusarium verticillioides*; **C)** Clamidosporas, micro y macroconidios, estructuras de *Fusarium oxysporum*.

Inhibición *in vitro* del crecimiento micelial y determinación de las CL₅₀ y CL₉₀

En la figura 2 A,B y C, se muestra el crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum*, *F. subglutinans* y *F. verticillioides* con el tratamiento a base de Procloraz, donde se observa que los tratamientos testigos fueron los que presentaron la velocidad de crecimiento mayor durante los ocho días de evaluación alcanzando 56.59 , 65.13 y 85 mm de diámetro respectivamente (este comportamiento fue similar para todos los tratamientos) y a partir de 1 mg.L⁻¹ procloraz inhibió el crecimiento en un 100% de los tres hongos. El tratamiento a base de Tiabendazol a partir de 10 mg.L⁻¹ inhibió el crecimiento de *F. oxysporum* y *F. verticillioides* en un 100%, y en el caso de *F. subglutinans* el crecimiento del hongo fue continuo durante todo el tiempo de la evaluación (Figura 2 D, E y F). En el caso del tratamiento químico de Imazalil a partir de 10 mg.L⁻¹ inhibió el crecimiento de los tres hongos en un 100% (Figura 3 A, B y C). Para el tratamiento químico a base de trifloxystrobim las tres especies de hongo mantuvieron un crecimiento continuo durante toda la evaluación (Figura 3 D, E y F); este comportamiento fue similar para el tratamiento químico triadimefon (Figura 4 A, B y C). En la figura 5 se muestra la inhibición del crecimiento micelial de *F. oxysporum*, *F. subglutinans* y *F. verticillioides* en PDA por triadimefon, trifloxystrobim, tiabendazol, imazalil y procloraz con las diferentes concentraciones.

Las CL₅₀ y las CL₉₀ obtenidas se muestran en el cuadro2 donde procloraz fue el fungicida que presento mejor control para los tres aislados de *Fusarium verticillioides*, *Fusarium subglutinans* y *Fusarium oxysporum*, presentando una CL₅₀ y CL₉₀ de 0.086 y 0.104; 0.085 y 0.103; 0.080 y 0.097 mg.L⁻¹ respectivamente.

Cuadro 2. Patógenos causantes de la pudrición de frutos de piña y concentración letal 50 y 90 mg.L⁻¹

AISLADO	PATOGENO	FUNGICIDA	Mg.L ⁻¹	
			CL ₅₀	CL ₉₀
MO	<i>Fusarium verticillioides</i>	Procloraz	0.086	0.104
MO	<i>Fusarium verticillioides</i>	Tiabendazol	0.260	3.371
MO	<i>Fusarium verticillioides</i>	Imazalil	0.047	0.436
MO	<i>Fusarium verticillioides</i>	Trifloxystrobim	0.465	261.550
MO	<i>Fusarium verticillioides</i>	Triadimefon	1.117	87.233
NA	<i>Fusarium subglutinans</i>	Procloraz	0.085	0.103
NA	<i>Fusarium subglutinans</i>	Tiabendazol	0.728	42.577
NA	<i>Fusarium subglutinans</i>	Imazalil	0.085	0.836
NA	<i>Fusarium subglutinans</i>	Trifloxystrobim	0.840	59.653
NA	<i>Fusarium subglutinans</i>	Triadimefon	0.158	36.950
BL	<i>Fusarium oxysporum</i>	Procloraz	0.080	0.097
BL	<i>Fusarium oxysporum</i>	Tiabendazol	0.249	1.792
BL	<i>Fusarium oxysporum</i>	Imazalil	0.043	0.575
BL	<i>Fusarium oxysporum</i>	Trifloxystrobim	0.133	76.094
BL	<i>Fusarium oxysporum</i>	Triadimefon	0.589	68.367

En el análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, < 0.05) se detectó diferencias significativas entre tratamiento (Cuadro 3) donde se observa que el fungicida que presento el menor control para los tres aislados fue el Triadimefon con una CL₅₀ de 0.6214 mg.L⁻¹, estadísticamente, Procloraz e Imazalil no presentan diferencia significativa y son los que presentaron un control mas eficiente, para el caso de trifloxystrobim y Tiabendazol no mostraron diferencias significativas entre tratamientos mostrando que también son eficientes para el control de estos hongo. Tampoco se muestran diferencias significativas entre la sensibilidad de los aislados y los fungicidas evaluados en el caso de la CL₅₀ (Cuadro 4), sin embargo para las CL₉₀ si hay diferencias significativas, donde *Fusarium verticillioides* fue el aislado menos sensible a los fungicidas con una CL₉₀ de 70.534 mg.L⁻¹.

Cuadro 3. Comparación de medias de las CL₅₀ y CL₉₀ de los fungicidas evaluados

Fungicida	CL ₅₀	CL ₉₀
Triadimefon	0.6214 A*	64.18 B*
Trifloxystrobim	0.4793 AB	132.43 A
Tiabendazol	0.4123 AB	15.91 CB
Procloraz	0.0837 B	0.10 C
Imazalil	0.0581 B	0.62 C

* Medidas con las misma letra no difieren significativamente en $P=0.05$

Cuadro 4. Comparación de medias de la sensibilidad de los aislados a la CL₅₀ y CL₉₀ de los fungicidas evaluados.

AISLADOS	CL ₅₀	CL ₉₀
MO	0.3949 A*	70.54 A*
NA	0.3792 A	28.02 B
BL	0.2187 A	29.38 B

* Medidas con las misma letra no difieren significativamente en $P=0.05$

Estos resultados concuerdan con Eckert y Ogawa (1985) donde menciona que los benzimidazoles (Benomil y tiabendazol) cuya acción esta relacionada con mitosis y división celular, son eficientes contra una amplia gama de hongos, siendo eficiaz en el control de enfermedades postcosecha como son moho verde (*P. digitatum*), moho azul (*P. italicum*) y pudrición penducular (*D.natalensis*) en cítricos; pudrición parda de frutos de durazno (*M. fruticula*). El alto efecto inhibitorio de los benzimidazoles ha sido atribuido a su propiedad sistémica y su habilidad de atravesar la capa cerosa de la cutícula de la superficie del hospedero inhibiendo el desarrollo del patógeno establecido por debajo de estas capas. Sin embargo estos datos no concuerdan con los datos obtenidos por Ventura *et al.* (1993); Ventura *et al.* (1994) y Santos (2000) quienes mencionan que el uso constante de benzimidazoles para controlar la enfermedad Fusariosis en Brasil a inducido el aparecimiento de aislados del hongo resistente, comprometiendo este fungicida en el control de la enfermedad. Es valido señalar que el Benomil y el Thiabendazol son fungicidas pertenecientes al grupo de los Benzimidazoles, con un mecanismo de acción similar. Batlle y Estrada (2000)

evaluaron la actividad fungicida de Triazoles y Benzimidazoles sobre *Colletotrichum* sp., agente causal de la antracnosis en la fase de postcosecha de la fruta de papaya y resultado que Thiabendazol fue el compuesto que requiere una mayor dosis para el control de estas especies, por tanto este resultado señala una pérdida de sensibilidad de estos patógenos a este ingrediente activo y coincide con muchos casos reportados para el thiabendazol específicamente (Hostachy, 1990; Johanson, 1992; Astua, 1994.) Los Benzimidazoles (Benomil, metiltiofanato, tiabendazol, carbendazim) fueron un grupo importante de compuestos utilizados en tratamientos pre y postcosecha en el pasado (Ogawa *et al*, 1968). Cuando estos se introdujeron, fueron revolucionarios comparados con los compuestos preventivos ya registrados, requiriéndose menores dosis de aplicación y con mayor actividad de acción inhibitoria. Actualmente, solo el Tiabendazol se encuentra todavía registrado para uso postcosecha en varios cultivos (Kader, 2000). Los Benzimidazoles representan el comienzo de serios problemas de resistencia en fungicidas; sin embargo, todavía se utilizan ampliamente y siguen siendo los fungicidas más valiosas en la producción agrícola mundial (FRAC, 2013). Los datos obtenidos en este estudio se pueden atribuir a que en la zona de estudio el tiabendazol es un producto con una nula o baja actividad, por lo que todavía no hay resistencia a este producto.

El Trifloxystrobin presentó una CL_{50} 0.4793 mg-L⁻¹, lo que sugiere que tiene un control también a estos patógenos y estos datos concuerdan con Chin *et al.*, (2001) donde menciona que el Trifloxystrobin ha demostrado eficiencia en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*) en plátano. También ha mostrado efectividad en el control del *Plasmopara viticola* y *Uncinula necator* agentes causales del mildiú y oídio de la vid (Miller y Gubler, 2004; Moshe, 2001). En jitomate controló la raíz corchosa (*Pyrenochaeta lycopersici*) y la verticilosis (*Verticillium dahliae*) (Bubici *et al.*, 2006). También se ha utilizado en el control de la Moniliasis del Cacao en combinación con otros fungicidas en donde se han obtenidos resultados de control manteniendo la incidencia de la enfermedad en el más bajo nivel y permitiendo la cosecha de mayor cantidad de frutos sanos (Ayala., 2008) pero aun no se ha probado su efecto de forma individual.

Para el caso del Triadimefon que presento una CL_{50} 0.6214 mg·L⁻¹ siendo este el producto que presento un menor control para los tres aislados, concuerda con los datos obtenidos por Perez *et al.*, (2003) donde menciona que el uso constante del grupo químico de los triazoles en el control de la sigatoka negra *M. fijiensis* presenta un alto riesgo de causar resistencia a este producto; para el caso de piña el triadimefon es un producto que se usa constantemente en postcosecha (Rebolledo *et al.*, 2011), por lo que estos datos sugieren que se esta desarrollando resistencia a este fungicida.

Choairy *et al.*, (1997) menciona que el triadimenol fue eficaz en Brasil para el control de la fusariosis en la piña. Otros autores refieren acerca del empleo de los triazoles de tipo I, que se distinguen por su efectividad para controlar patologías ocasionadas por hongos imperfectos, *Ascomycetes* y *Basidiomycetes*, y señalan valores de DL_{50} capaces de controlar con eficiencia (Muiño *et al.*,2000).

El Imazalil y Procloraz pertenecientes al grupo de los imidazoles, que inhiben la biosíntesis de ergosterol, el cual redujo considerablemente el crecimiento micelial en las pruebas *in vitro* y fueron los productos mas efectivos con las concentraciones letales 50% (CL_{50}) < 0.01 mg·L⁻¹, los resultados de las CL_{50} son menores en 15 mg·L⁻¹ a los reportado por Zavala *et al.* (2005) para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya, también Ker-Chung (2001), menciona que prochloraz fue altamente eficiente en el control de *C. gloeosporioides* en mango, y que no existe ninguna resistencia significativa del fungicida en las huertas, esto a pesar de que ha sido utilizado por cerca de 20 años el control de antracnosis, no obstante, es importante considerar que el sobre uso del fungicida es una práctica no adecuada; del mismo modo Procloraz presentó un inhibición total del crecimiento de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* agente causal del marchitamiento o mal de panamá en bananas evaluado *in vitro*; del mismo modo, se encontró que fue el mejor fungicida para el control de la enfermedad *in vivo* (Nel *et al.*, 2007). Smilanick *et a.l.*, (2008), menciona que Imazalil y Procloraz son los productos mas eficientes para el control de patógenos postcosecha de los cítricos.

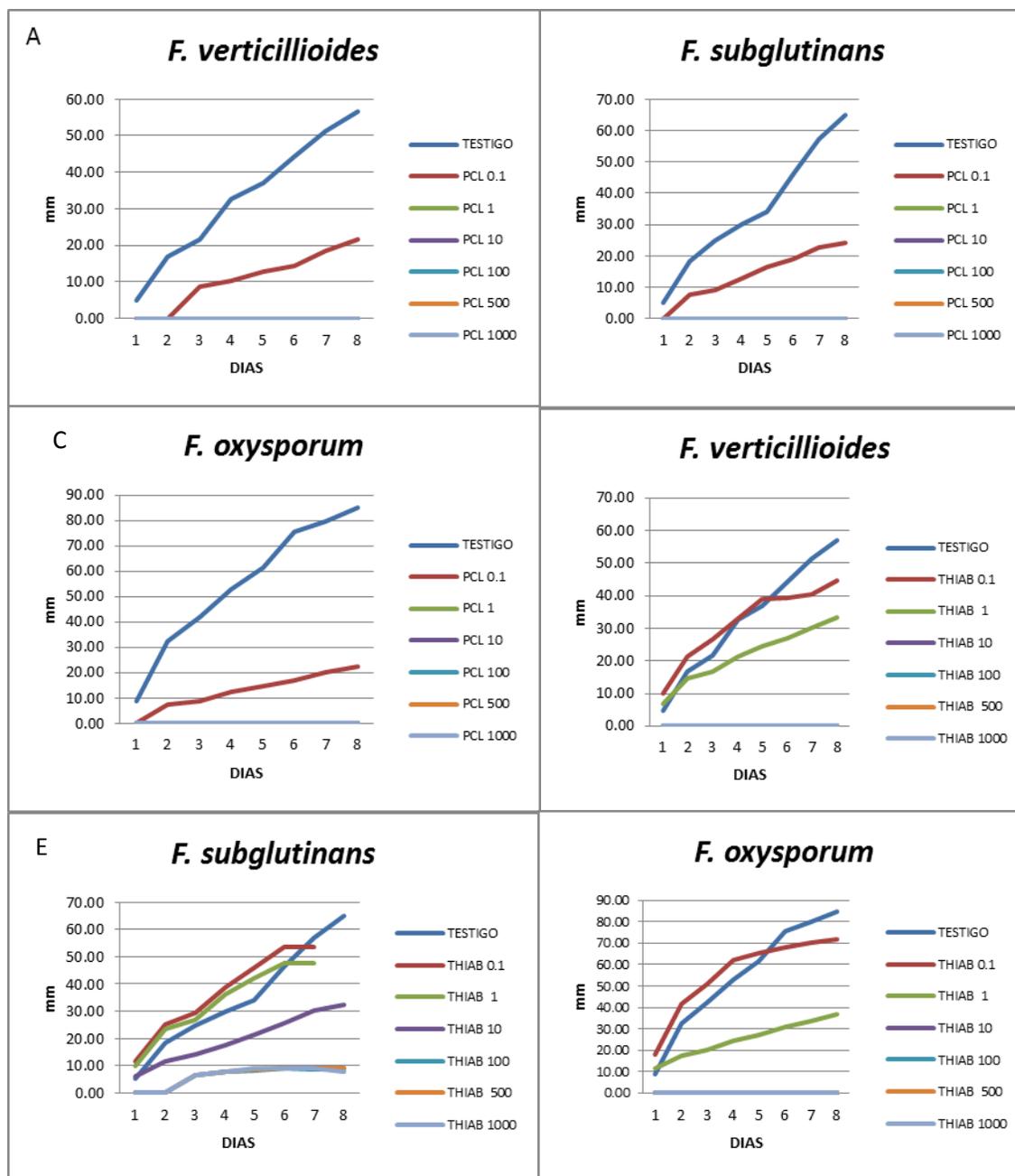


Figura 2. A) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con procloraz. B) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con procloraz. C) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con procloraz. D) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con Tiabendazol. E) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con tiabendazol. F) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con tiabendazol.

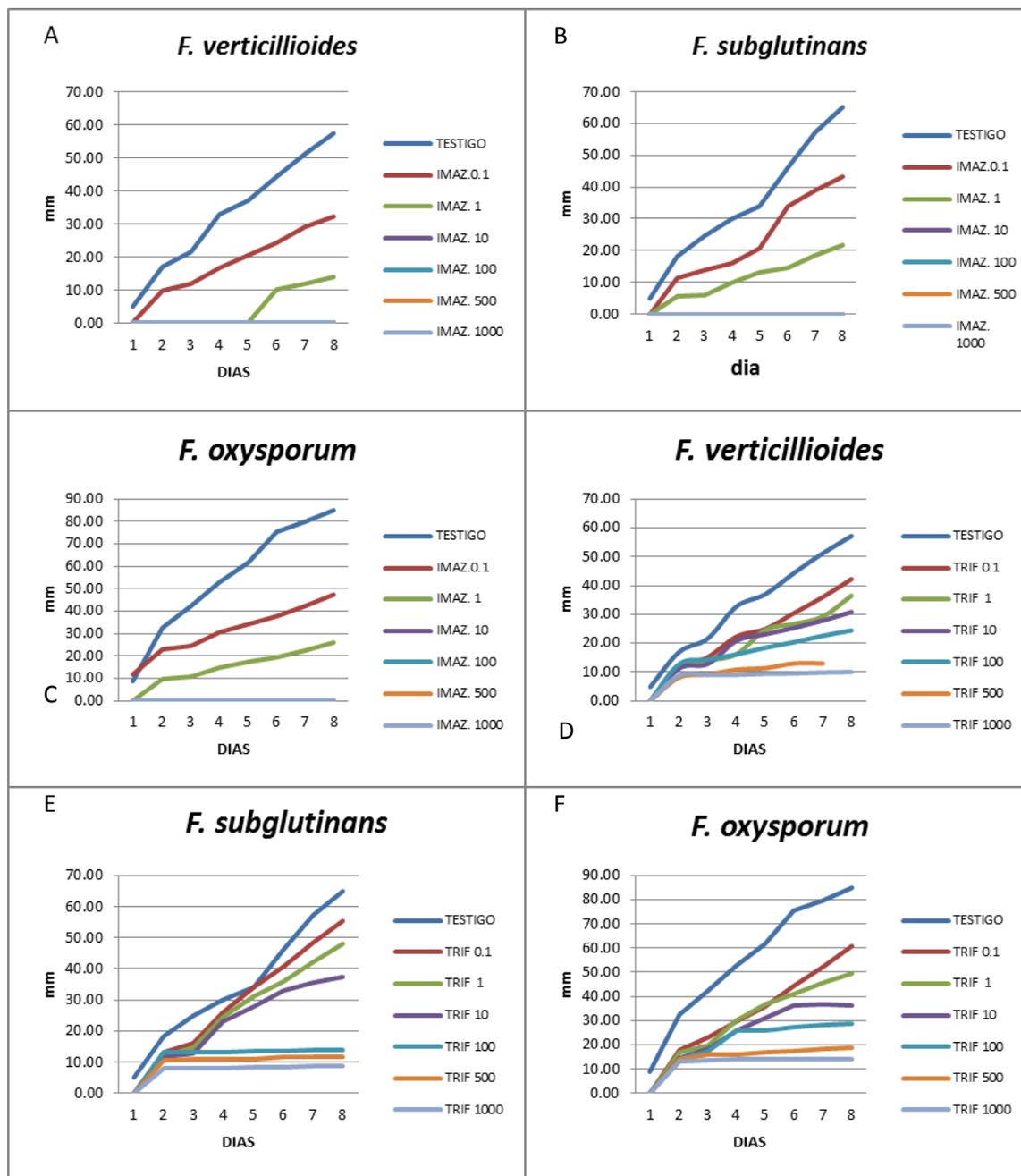


Figura 3. A) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con imazalil. B) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con imazalil. C) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con imazalil. D) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con trifloxystrobim. E) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con trifloxystrobim. F) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con trifloxystrobim.

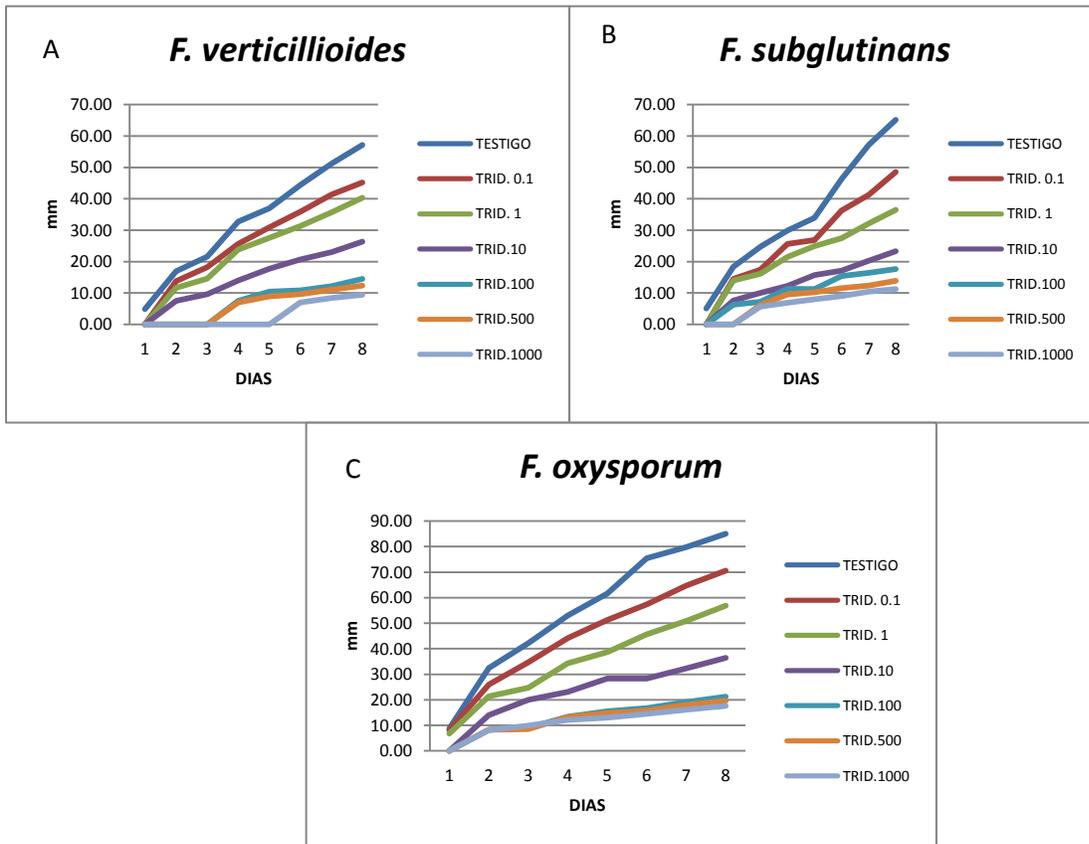


Figura 4. A) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides* tratado con triadimefon. B) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. suglutinans* tratado con triadimefon. C) Crecimiento micelial *in vitro* de *F. oxysporum* tratado con triadimefon.

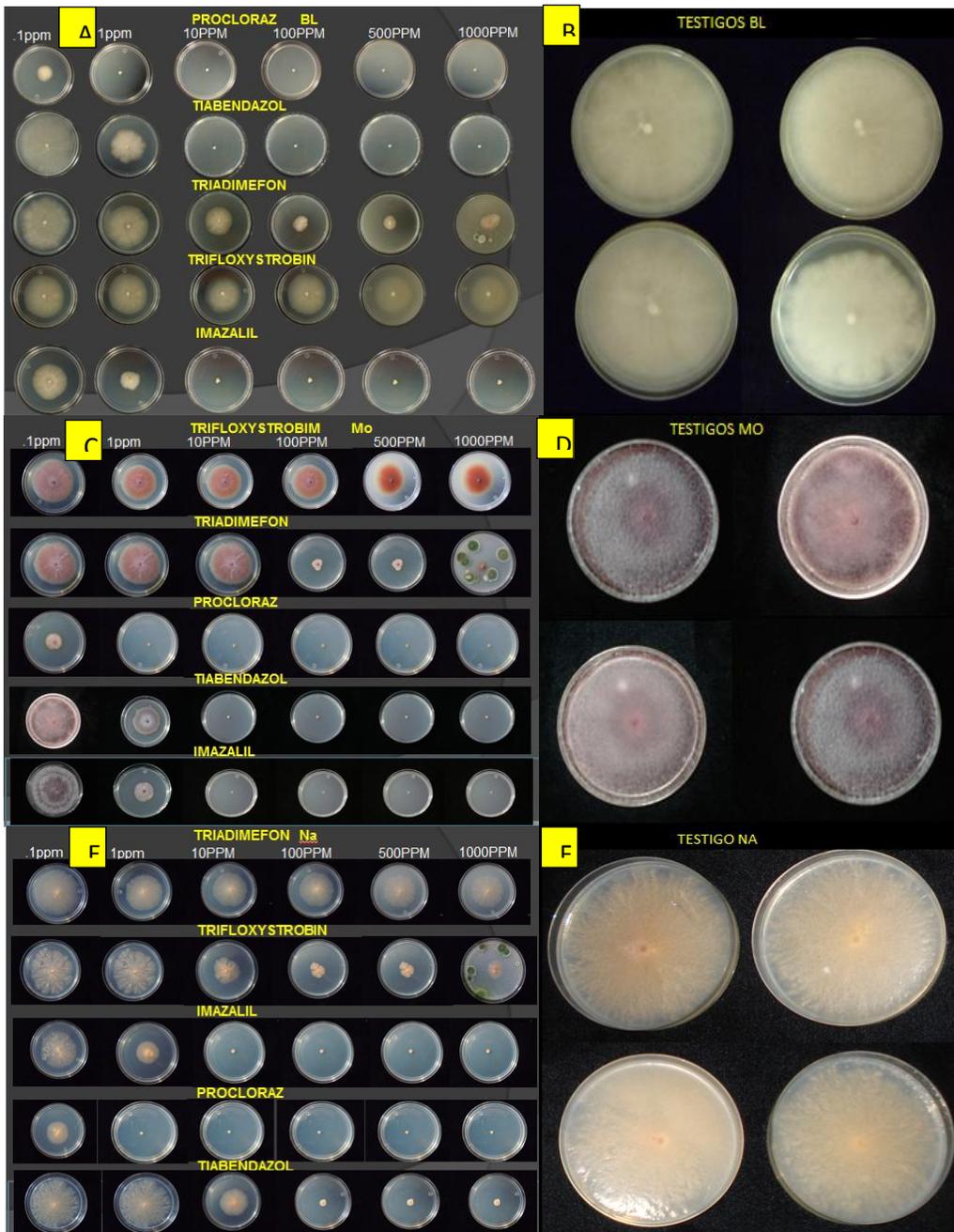


Figura 5. Crecimiento micelial *in vitro* de los aislados BL, NA y MO en medio de cultivo PDA + Fungicidas a diferentes concentraciones. A) Aislado BL (*F. oxysporum*) + Fungicidas a diferentes concentraciones. B) Testigo BL (*F. oxysporum*). C) Aislado MO (*F. moniliforme*) + Fungicidas a diferentes concentraciones. D) Testigo de MO (*F. moniliforme*). E) Aislado NA (*F. subglutinans*) + Fungicidas a diferentes concentraciones. F) Testigo de NA (*F. subglutinans*).

LITERATURA CITADA

- Astua, G.; Arauz, L.F. 1994. Sensibilidad reducida al thiabendazol en *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de papaya. *Agronomía Costarricense* 18 (1):35-39.
- Barnett, L.H.; Hunter, B.B. (2006). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Fourth Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota. USA.
- Ayala B. M.F. 2008. Manejo Integrado de Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) Mediante el Uso de Fungicidas, Combinado con Labores Culturales.. Tesis Ingeniería en Agropecuaria. Escuela Superior Politécnica de Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 115p.
- Battle, A.; Estrada, G. 2000. Actividad fungicida de Triazoles y Benzimidazoles sobre *Colletotrichum* spp, agente causal de la antracnosis en la fase de postcosecha de frutabomba (*Carica papaya L.*). *Fitosanidad* vol. 4, no. 1-2. La Habana.
- Bubici G., M.M. Armenduni, C. Colella, M. D' Arnico, M. Cirulli. 2006. Efficacy of acibenzolar-S-methyl and two strobilurins, Azoxystrobin and Trifloxystrobin, for the control of corky root of tomato and verticillium wilt of eggplant. *Crop Protection* 25:814-820.
- Carvalho, R. A.; E. F. de Oliveira; J. T. de Lacerda; M. B. Neto; J. X. de Araújo. 2007. Alternative Control of Pineapple Fusariosis, Abstracts of the VIth International Pineapple Symposium. Oral presentations. Sesión III Plant Protection, João Pessoa, Paraíba, Brasil, November 18 to 23.
- Casarrubias, C. U., M. M. González C., A- Cruz H., E. Cárdenas S., D. Nieto A., R. G. Guevara G. 2003. Variabilidad genética de *Colletotrichum gloeosporioides* aislados de frutos de papaya (*Carica papaya L.*) mediante el uso de marcadores moleculares RAPD. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21:338-345.
- Carvalho, V.D.; Abreu, C.M.P.; Gonçalves, N.B. 2006. Qualidade e industrialização do abacaxi. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p.67-69.

- Chitarra, M.J.F.2004. Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.8-18.
- Chin., K.M., M. Wirz, and D. Lair. 2001. Sensitivity of *Mycosphaerella fijensis* from banana to Trifloxystrobin. Plant Disease 85:1264-1270.
- Choary, S. A.; E. F. de Olivera; A. P. de Matos1997. Controle químico da broca e da fusariose no fruto do abacaxizeiro, Joao Pessoa, EMEPAPB, EMBRAPA-PB. Documentos 20, Brasil.
- Erwin, D. C.; O. K. Ribeiro.1996. *Phytophthora diseases Worldwide*, The American Phytopathology Society, Minnesota, EE. UU.
- FAO. 2013. Food And Agriculture Organization. (en línea): <http://faostat.fao.org>. Consultado enero de 2013.
- FRAC, 2007 Fungicide Resistance Action Committee.
- Hostachy, B. 1990. Bananos de la Martinique. Incidence des problemas fongiques sur le qualite. *Phytoma* 420:37-44.
- Johanson, A. 1992. Fungi Associated with Banana Crown Rot Field Packed Fruit from the Windard Islad. Crop Protection 11:79-83.
- Kader, A.A. 2002. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Universidad de California, Centro de Información e Investigación en Tecnología Postcosecha, División de Agricultura y Recursos Naturales. Series de Horticultura Postcosecha 24:191-216.
- Ker-Chung K. 2001. Sensitivity of mango anthracnose pathogen, *Colletotrichum gloeosporioides*. to the fungicide prochloraz in Taiwan. *Proc. Natl. Sci. Counc.* 25:174-179.

- Leslie, J.F., y Summerell, B.A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blacwell. Iowa USA. 388 p.
- Manandhar, J.B., G.L. Hartman & T. C. Wang. 1995. Conidial germination and appressorial formation of *Collectotrichum capsici* and *C. gloeosporioides* isolates from pepper. *Pl. Dis.* 79:361-366.
- Martinez, B.L., Teliz O.D., Rodriguez M.J.C., Mora A.J.A., Nieto A.D., Cortes F.I., Mejia S.D., Nava D.C., Aguayo S.G. 2012. Resistencia a fungicidas en Poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* Del Sureste Mexicano. *Agrociencia* 46:707-717.
- Miller, T. C., and W. D. Gubler. 2004. Sensitivity of California isolates of *Uncinula necator* to Trifloxystrobin and spixamine, and update on triadimefon sensitivity. *Plant Disease* 88:1205-1212.
- Moshe, R. 2001. Activity to Trifloxystrobin against powdery and downy mildew diseases of grapevines. *Canadian Journal of Plant Disease*.
- Muiño, B.; A. Hernández; A. Porras. 2000. Sensibilidad de especies de hongos fitopatógenos a los inhibidores de la biosíntesis de ergosterol (IBE), *Fitosanidad* 4 (3-4): 45-48, La Habana.
- Nel, B., C. Steinberg, N. Labuschagne, A. Viljoen. 2007. Evaluation of fungicides and sterilants for potential application in the management of Fusarium wilt of banana. *Crop Protections* 26:697:705.
- Ogawa, J.M., Manaji, B.T., Bose, E. 1968. Efficacy of fungicide 1991 in reducing fruit rot of stone fruits. *Plant Dis. Rep.* 52:722-726.
- Rohrbach, K. G.; D. P. Schmitt.. 1994. *Pineapple Compendium of Tropical Fruits Diseases*, Part IV, The American Phytopathological Society, EE.UU.

- SANTOS, B.A. 2000. Resistência do Abacaxizeiro a Fusariose: Análise Molecular do Patógeno e do Hospedeiro. (Tese de Doutorado).Viçosa. Minas Gerais.
- Smilanick J.L., Mansour M.F., Mlikota-Gabler F. and Sorenson D. 2008. Control of citrus postharvest green mold and sour rot by potassium sorbate combined with heat and fungicides. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2): 226-238.
- Ventura, J. A.; H. Costa; M. P. Culik; P. Machado. 2008. Pineapple Fusariosis Reserch in Brazil, Progress Update, X International *Fusarium* and *Fusarium* Genomics Workshop 2008», *Journal of Plant Pathology* 90 (3, supplement) S 3.76, Edizioni ETS, Pisa, Italia.
- Ventura, J.A., Costa, H. & Zambolim, L.1994. Resistência de *Fusarium subglutinans* f. sp. *ananas* ao benomyl em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira* 19:328.
- Ventura, J.A., Zambolim, L.& Chaves, G.M. 1993. Integrated management system for pineapple *Fusarium* disease control. *Acta Horticulturae* 334:439-453.
- Zavala-León, M.J., Tun-Suárez, J.M., Cristóbal-Alejo, J., Ruíz-Sanchez, E., Gutiérrez-Alonso, O., Vázquez-Calderón, M., y Méndez-González, R. 2005. Control postcosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. a fungicidas organosintéticos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 11:251-255.

CONCLUSIONES GENERALES

- Las pruebas de patogenicidad e identificación morfológica y molecular confirmaron que *Fusarium verticillioides*, *Fusarium subglutinans* y *Fusarium oxysporum* como los agentes causales de la pudrición de frutos de piña en postcosecha en Veracruz, México.
- Procloraz e imazalil, fueron los mejores fungicidas, al inhibir el crecimiento micelial *in vitro* de *Fusarium verticillioides*, *Fusarium subglutinans* y *Fusarium oxysporum* con valores de $CL_{50} < 0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Triadimefon fue el producto químico que presentó menos control en el crecimiento micelial *in vitro* de *F. verticillioides*, *F. subglutinans* y *F. oxysporum* con una CL_{50} de $0.6214 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Trifloxystrobim y Tiabendazol presentaron un menor control con una CL_{50} 0.4793 y $0.4123 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.