

**Hongos de la carambola (*Averrhoa carambola* L.) en Puerto Rico**

Por

Denisse Rivera Rodríguez

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Protección de Cultivos

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2015

Aprobado por:

---

Bryan Brunner, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

---

Fecha

---

Wanda Almodóvar, M.S.  
Miembro, Comité Graduado

---

Fecha

---

Roberto Vargas Ayala, Ph.D.  
Presidente, Comité Graduado

---

Fecha

---

Elvin Román Paoli, Ph.D.  
Director del Departamento

---

Fecha

---

Jaime Acosta, Ph.D.  
Representante Estudios Graduados

---

Fecha

## ABSTRACT

Starfruit is an exotic fruit with great nutritional, medicinal and economic benefits. Reports suggest that pests and diseases reduce the quality and yield of this crop. In Puerto Rico, there is an interest to increase production as the possibility of exporting the fruit to subtropical and temperate countries has been recognized. In order to identify potential pathogens that damage starfruit, samples were collected at the Tropical Agriculture Research Station farm (TARS) located in Isabela and the Corozal Experimental Substation. Three samples were collected (starfruit with disease symptoms) for each of the nine varieties following a pattern of stratified sampling in rows. The collected fruits were placed individually in plastic bags. The samples were processed and analyzed in the laboratory of BNF at Alzamora College Farm. The collected tissue surface was disinfected with a solution of sodium hypochlorite at 10%, 70% ethyl alcohol and rinsed with sterile distilled water for one minute. Disinfected tissue was transferred to Petri dishes that contained potato agar and dextrose, acidulated with lactic acid at 25%. In addition, moist chambers and observations under a microscope were done to identify the causative agent of the symptom. The fungal isolates were identified as; *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., *Curvularia* sp., *Nigrospora* sp., *Pestalotia* sp., and *Colletotrichum* sp. Pathogenicity tests *in vitro* showed that the isolates of *Fusarium*, *Pestalotia*, *Colletotrichum*, and *Nigrospora* (detected only in 'Kari' at Isabela) were pathogenic to fruit.

Keywords: Starfruit, *Fusarium*, *Nigrospora*, *Trichoderma*, *Pestalotia*, *Curvularia*, *Colletotrichum*

## RESUMEN

La carambola es una fruta introducida en Puerto Rico que posee grandes beneficios nutricionales, medicinales y económicos. Los reportes apuntan a que las plagas y las enfermedades reducen la calidad y el rendimiento al cultivo en Puerto Rico. Existe cierto interés en promover el cultivo y producción de la carambola en la Isla debido a que se ha reconocido la posibilidad de exportar la fruta hacia países subtropicales y de zonas templadas. Con el objetivo de identificar los posibles patógenos que afectan el fruto, se realizó un muestreo en siembras de carambola en la Subestación Experimental de Agricultura Tropical (TARS, por sus siglas en inglés) localizada en el municipio de Isabela y en la Subestación Experimental Agrícola en Corozal. Se colectaron tres muestras (frutos de carambola con síntomas) de cada una de las nueve variedades sembradas en cada localidad siguiendo un patrón de muestreo de forma estratificada en surcos. Los frutos colectados se colocaron individualmente en fundas plásticas. Las muestras se procesaron y se analizaron en el antiguo laboratorio de “Biological Nitrogen Fixation” en la Finca Alzamora del Recinto Universitario de Mayagüez. El tejido recolectado se desinfectó superficialmente con una solución de hipoclorito de sodio al 10%, alcohol etílico al 70% y se enjuagó con agua destilada estéril por un minuto. El tejido desinfectado se transfirió a platos Petri con agar de papa y dextrosa acidulado con ácido láctico al 25%. Además, se realizaron cámaras húmedas y observaciones en el microscopio para identificar el agente causal del síntoma. Los hongos aislados fueron identificados como; *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., *Curvularia* sp., *Nigrospora* sp., *Pestalotia* sp. y *Colletotrichum* sp.

Pruebas de patogenicidad *in vitro* demostraron que los aislados de *Fusarium*, *Pestalotia*, *Colletotrichum* y *Nigrospora* (detectado sólo en la variedad ‘Kari’ en Isabela) resultaron patógenicos a la fruta.

**Palabras claves:** Carambola, *Fusarium*, *Nigrospora*, *Trichoderma*, *Pestalotia*, *Curvularia*, *Colletotrichum*

## Dedicatoria

Primeramente le quiero dar las gracias a Dios por permitirme el poder realizar este trabajo.

A mi hijo Yedriel Troche Rivera, el cual desde que supe de mi embarazo fue de una gran felicidad para mí al ver por primera vez sus ojos mirándome y su dedito agarrando el mío fue una gran emoción, desde entonces supe que eres y seguirás siendo la inspiración y razón de mi ser, Te amo Hijo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente le quiero dar las gracias al Profesor Roberto Vargas por creer en mí y darme la oportunidad de trabajar con él.

A Odáliz Faría, Yolima Arenas, Dainette Vázquez, Paula Rosado, Titania Marchany y Manuel Segarra por ayudarme a recolectar las frutas.

Al Dr. Ricardo Goenaga por permitirme utilizar las plantaciones de carambola en las estaciones experimentales.

A la Profesora Wanda Almodóvar por ser parte de mi comité y por su gran ayuda en este estudio.

Al Profesor Bryan Brunner por ser parte de mi comité de tesis.

A toda mi familia y amigos por su apoyo incondicional para que continuara con este estudio y terminar dicha tarea.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| LISTA DE FIGURAS.....                                           | viii |
| LISTA DE CUADROS.....                                           | ix   |
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                            | 1    |
| 2. OBJETIVOS.....                                               | 4    |
| 3. REVISION DE LITERATURA.....                                  | 5    |
| 3.1 Caracteísticas morfológicas de la carambola.....            | 5    |
| 3.2 Producción.....                                             | 6    |
| 3.3 Cosecha.....                                                | 6    |
| 3.4 Variedades.....                                             | 7    |
| 3.5 Patógenos en la fruta.....                                  | 7    |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS.....                                    | 11   |
| 4.1 Lugar de muestreo.....                                      | 11   |
| 4.2 Diseño experimental.....                                    | 11   |
| 4.3 Recolección de frutos e identificación de los aislados..... | 12   |
| 4.4 Pruebas de patogenicidad.....                               | 12   |
| 5. RESULTADOS.....                                              | 14   |
| 6. DISUSIÓN.....                                                | 25   |
| 7. CONCLUSIÓN.....                                              | 32   |
| 8. RECOMENDACIONES.....                                         | 33   |
| 9. LITERATURA CITADA.....                                       | 34   |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Frutas de carambola con síntomas de daño (manchas o puntos circulares de color rojo).....                                                                                                                                                                          | 14 |
| Figura 2. Anverso de la colonia de <i>Nigrospora</i> sp. en PDA aislado en la variedad ‘Kari’ en Isabela (A), Reverso de la colonia en PDA (B), Conidias de <i>Nigrospora</i> sp. en magnificación de 40x (C).....                                                           | 17 |
| Figura 3. Anverso de la colonia de <i>Curvularia</i> sp. en PDA aislado en la variedad ‘B-19’ en Isabela (A), Reverso de la colonia en PDA(B), Conidias de <i>Curvularia</i> sp.en magnificación 40 X (C).....                                                               | 18 |
| Figura 4. Anverso de la colonia de <i>Fusarium</i> sp. en PDA aislado en la variedad ‘Kajang’ en Isabela (A), Reverso de la colonia en PDA (B), Conidias de <i>Fusarium</i> sp. en magnificación de 40x(C) Conidias de <i>Fusarium</i> sp. en magnificación de 40 x (C)..... | 19 |
| Figura 5. Anverso de la colonia de <i>Pestalotia</i> sp. en PDA aislado en la variedad ‘Kari’ en Isabela(A), Reverso de la colonia en PDA(B), Conidias de <i>Pestalotia</i> sp. en magnificación de 40x(C).....                                                              | 20 |
| Figura 6. Anverso de la colonia de <i>Colletotrichum</i> sp. en PDA (A), Reverso de la colonia en PDA (B), Acérvulo de <i>Colletotrichum</i> sp. en magnificación 40x (C), Conidias de <i>Colletotrichum</i> sp. en magnificación 40x(D).....                                | 21 |
| Figura 7. Anverso de la colonia de <i>Trichoderma</i> sp. en PDA aislado en la variedad ‘B-17’ en Corozal (A), Reverso de la colonia en PDA (B), Conidias de <i>Trichoderma</i> sp. en magnificación 40x (C).....                                                            | 22 |
| Figura 8. Resultados de las pruebas de patogenicidad de <i>Colletotrichum</i> sp. en la variedad ‘Kari’ sin incision de Isabela.....                                                                                                                                         | 23 |
| Figura 9. Resultados de las pruebas de patogenicidad de <i>Pestalotia</i> sp. en la variedad ‘B-16’ con incisión de Corozal .....                                                                                                                                            | 24 |
| Figura 10. Resultados de las pruebas de patogenicidad de <i>Nigrospora</i> sp. en la variedad ‘Kari’ sin incisión de Isabela.....                                                                                                                                            | 24 |
| Figura 11. Resultados de pruebas de patogenicidad de <i>Fusarium</i> sp. en la variedad ‘Kajang’ con incisión de Isabela.....                                                                                                                                                | 25 |

## LISTA DE CUADROS

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Hongos aislados en frutos de carambolas provenientes de una plantación en Isabela, Puerto Rico.....                              | 16 |
| Cuadro 2. Hongos aislados en frutos de carambolas provenientes de una plantación en Corozal, Puerto Rico.....                              | 16 |
| Cuadro 3. Determinación de patogenicidad en hongos aislados de frutas de carambola provenientes de Isabela según las pruebas in vitro..... | 22 |
| Cuadro 4. Determinación de patogenicidad en hongos aislados de frutas de carambola provenientes de Corozal según las pruebas in vitro..... | 23 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La fruta exótica *Averrhoa carambola* L., mejor conocida en Puerto Rico como carambola, posee gran potencial para convertirse en un rubro para la agricultura de la isla. Esto se podría lograr ya que Puerto Rico tiene el clima ideal para la producción de carambola y actualmente la carambola es bien acogida por la población puertorriqueña.

Entre los mayores productores y exportadores se encuentran Malasia, Indonesia, Israel, Brasil y Tailandia. Según reportado por Rubens (2006), la República Dominicana figura como el líder de la producción de la carambola en el Caribe. Actualmente, el Estado de la Florida exporta el cultivo y reporta ganancias significativas cercanas a los \$17.4 millones (Mossler y Nesheim, 2002). Entre los países que asumen una gran demanda de este fruto se encuentran: Alemania, Francia, Holanda y Estados Unidos. En el reporte publicado por Marketing New Service and International Trade Center, ITC para enero 2014 el precio en el mercado europeo y asiático es de \$5 por 3.5 kilogramos. Mientras que en el estado de la Florida el precio es de \$1.50 por libra según IPM CENTERS (2014).

La carambola contiene una baja cantidad de carbohidratos y grasas por lo que resulta ideal para dietas restringidas en calorías. Además, es rica en potasio y vitamina C (Suárez, 2009). Por su gran capacidad antioxidante es recomendada en la dieta de los deportistas, niños, mujeres embarazadas e incluso en adultos (Suárez, 2009).

Entre las propiedades nutricionales que exhibe, se reporta como remedio para diabéticos, hipertensos, personas con problemas cardíacos, tratamiento para las hemorroides e incluso para controlar el asma. Por otro lado, su consumo no es

recomendado para quienes padecen de insuficiencia renal debido a que el uso frecuente de esta fruta puede ocasionar intoxicación (Suárez, 2009). En determinados casos, los síntomas más frecuentes ocasionados por el consumo son: hipo persistente, vómitos, alteración de la consciencia, insomnio, disminución de fuerza muscular y entumecimiento del miembro e incluso parálisis (Gonzaga *et al.*, 2010). Algunos científicos consideran que estos síntomas se deben a la presencia del ácido oxálico (Marín, 2008), mientras que otros aseguran que es por una neurotoxina que se acumula en el cuerpo a consecuencia de un mal funcionamiento de los riñones (Gonzaga *et al.*, 2010). Munir y Lam (1980) fueron los primeros en reportar problemas de intoxicación por la ingesta de frutas de carambola en Malasia. Según estos autores, aquellos que consumían la fruta sufrían efectos depresivos en el sistema nervioso central. Sin embargo, no se ha podido concluir que la fruta este directamente relacionada de cause efectos directos al sistema nervioso central (Gonzaga *et al.*, 2010). Por otro lado, estudios posteriores realizados en Brasil han encontrado que la fruta con el sabor más agrio es la que posee mayor cantidad de ácido oxálico (Gonzaga *et al.*, 2010).

En Puerto Rico existen árboles de carambola que han sido introducidos desde Malasia. El cultivo ha tenido una gran acogida por los productores, ya que el cultivo presenta una producción consistente durante todo el año. La Estación Experimental Agrícola Federal (USDA-TARS) tiene sembrado un predio con nueve variedades de estos árboles en la localidad de Isabela, Puerto Rico y en las subestaciones experimentales agrícolas de la Universidad de Puerto Rico en los pueblos de Corozal y Juana Díaz. En Isabela esta plantación presenta una producción estimada de unas 480 mil frutas por hectárea, mientras que en Corozal se estima una producción de 793 mil frutas por hectárea

(Goenaga, 2007). Estos números representan una gran puerta para que en Puerto Rico se establezcan siembras comerciales y eventualmente se logre exportar el fruto hacia los Estados Unidos (Goenaga, 2007).

Observaciones preliminares en el estado de la Florida reportan la incidencia de enfermedades fúngicas que atacan el fruto (Crane, 1994). Las enfermedades pueden convertirse en una amenaza seria al cultivo por lo que es de gran importancia conocer e identificar los patógenos presentes en la Isla para establecer un programa de prevención y manejo de enfermedades efectivo. Al ser una fruta que provee beneficios nutricionales, medicinales y económicos, es pertinente iniciar un estudio investigativo para conocer si existen patógenos afectando las plantaciones pre establecidas e identificar los géneros más comunes. Además, debemos conocer científicamente la severidad o virulencia de estos patógenos de forma que nos permita desarrollar y establecer estrategias adecuadas para su manejo integrado.

## 2. OBJETIVOS

1. Realizar un muestreo de enfermedades en árboles de carambola

(*Averrhoa carambola* L.).

2. Aislar e identificar patógenos a nivel de género en el fruto de la  
carambola.

### **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1 Características morfológicas de la carambola**

La carambola (*Averrhoa carambola* L.) o fruta estrella (starfruit) se cultiva en climas tropicales y subtropicales. Su nombre común en inglés proviene de la forma que muestra la fruta al cortarse transversalmente. La planta es nativa de Indonesia y Malasia. Aunque su producción se centraliza en los países de clima tropical, la fruta es muy cotizada en países templados donde sus precios en el mercado son muy favorables para el consumidor. La carambola posee varios usos ya sea en ensalada, jugos y de igual forma se puede consumir como jalea.

La carambola pertenece a la familia Oxalidaceae que se caracteriza por producir fruto todo el año. El árbol de la carambola es de hoja perenne, puede tener un tronco simple o ramificado y su altura varía de pequeña a mediana, entre los 7 a 10 metros (Crane, 1994). Para que este cultivo pueda crecer rápidamente y florecer es importante sembrarlo en lugares protegidos del viento (Crane, 1994). La fruta se caracteriza por ser una baya carnosa dividida en 4 o 5 celdas. La cáscara presenta colores desde dorado a amarillo-anaranjado al madurar el fruto. Además, su piel es muy fina. Las semillas de esta fruta son comestibles. Cada fruta puede tener entre 10 a 12 semillas, aunque algunas variedades no las producen (Rivera, 2009; Pérez y Vázquez, 2004). Las flores son de cinco pétalos y se caracterizan por abrir por la mañana y cerrar por la noche (SELVANET, 2011; Pérez y Vázquez, 2004). Estas nacen de pequeñas ramas o ramas más gruesas y algunas veces emergen del tallo principal (Pérez y Vázquez, 2004; Crane, 1994). El árbol crece en

cualquier tipo de suelo (arcilloso y/o arenoso) y prefiere suelos que tengan un pH neutro o ácido.

### **3.2 Producción**

Las áreas protegidas del viento son las ideales para sembrar los árboles de carambola. El árbol puede mantenerse produciendo frutos prácticamente todo el año (Crane, 1994). Las propiedades de la fruta pueden variar de acuerdo al tipo de suelo donde está sembrado. En los primeros tres años se puede esperar, generalmente, un rendimiento de 4.5 a 18 kg de frutos por árbol por año (Crane, 1994). A medida que el árbol crece y se desarrolla, la producción de frutos incrementa en la plantación. El tiempo de maduración es de 40 a 50 días (Casaca *et al.*, 2005).

### **3.3 Cosecha**

Una vez el fruto presenta un color amarillento y color verde en el borde ya está listo para ser cosechado. Según Crane (1994), los frutos en el campo se ponen a la sombra en cajas con una capacidad de 11.3 kg para ser transportados a las empacadoras para el lavado, selección, empaque y almacenamiento. Para uso casero, los frutos se pueden dejar en los árboles hasta que maduren completamente (Crane, 1994).

### 3.4 Variedades

Existen dos tipos principales de carambola, dulces y ácidas. Los tipos dulce se recomiendan para ser consumidos frescos. Algunas variedades adquieren un sabor dulce si se permite madurar en el árbol hasta que adquieran un color amarillo-dorado. El fruto dulce se distingue por ser un fruto grande y de color dorado, mientras que el otro tiene un sabor agrio y se caracteriza por ser pequeño de color verde o amarillo. En las plantaciones de carambola localizada en Isabela y Corozal están cultivadas nueve variedades; ‘Arkin’, ‘B-10’, ‘B-16’, ‘B-17’, ‘Kajang’, ‘Kari’, ‘Lara’, ‘Sri Kembangan’ y ‘Thai Knight’.

### 3.5 Patógenos en la fruta

Crane (1994) reporta dos organismos patógenos en frutos de carambola. *Colletotrichum gloeosporioides* causa antracnosis en el fruto y *Leptothyrium* sp. o mancha negra del fruto (sooty blotch). Según Crane (1994) y Sepiah *et al.* (2003), los frutos maduros que sufren heridas pueden ser atacados por *Colletotrichum gloeosporioides*. Este hongo puede ocurrir en cualquier etapa de desarrollo de la carambola y provocar grandes pérdidas a los agricultores. En estudios realizados por Duan *et al.* (1991) en Taiwan se determinó que esta infección ocurre por lesiones ocurridas en el fruto. Para que *C. gloeosporioides* infecte el cultivo necesita una humedad relativa muy cerca del 100% (Senasa, 2010). Este autor reporta además, que este patógeno puede presentarse incluso en días secos. Además de afectar a la carambola, este género es capaz de atacar a otras frutas

como el mangó provocándole una disminución en la producción y en la calidad del fruto en ambientes con una alta humedad precipitación (Páez, 2003).

*Leptothyrium* sp. se ha asociado causando la mancha negra del fruto (sooty blotch). Este se caracteriza por la presencia de lesiones oscuras en la superficie de los frutos (Crane, 1994). Otros estudios han identificado los hongos *Pythium splendens* y *Pythium ultimum* como la causa del síndrome del enanismo o muerte regresiva general de los árboles (Crane, 1994). Los síntomas del enanismo incluyen, caída de las hojas, muerte regresiva de las ramas y raíces así como la reducción en el tamaño de los frutos y en la producción (Crane, 1994; Pérez y Vázquez, 2004). Este género tiene la capacidad de atacar a plantas jóvenes. Autores reportan que las especies de *Pythium* se caracterizan por obtener sus nutrientes mediante la combinación de una actividad saprófita y parasítica (Flores, 2010). La dimensión parasítica la realizan mediante la infección de semillas y del follaje. Mientras que la saprofítica pudiera infectar el material que está en el suelo (Flores, 2010). Según Hardham y Gubler (1990), la infección comienza cuando la zoospora germinada en la raíz o en la hoja y se dirige hacia la planta donde se pega mediante la eliminación de su flagelo y la secreción de sustancias que le permite permanecer inmóvil en la planta. Según Van Der Plaats-Niterink (1981), *P. splendens* no posee zoospora. Las estructuras germinativas del género *Pythium* pueden permanecer en el suelo hasta por 12 años y los efectos de la enfermedad pueden extenderse siempre que haya humedad (Flores, 2010). En ocasiones su infección se limita en atacar a la parte meristemática de la raíz, frutos e incluso la epidermis.

En los estudios realizados por Sepiah y colaboradores (2003) en Malasia, se logró identificar a *Fusarium pallidorseum* y *Fusarium moniliforme* como los patógenos responsables del ablandamiento y oscurecimiento de la fruta observándose un efecto más notable en frutas con heridas. La presencia de *Fusarium pallidorseum* es mayor en épocas del año con altas temperaturas y precipitación pluvial (Pérez y Vidal, 2002). Badger (1965) establece que este hongo tiene la capacidad de estar presente en el campo por mucho tiempo en épocas de sequía debido a que es resistente a una humedad relativa baja. Este hongo necesita alta humedad para su germinación según Pérez y Vidal (2002). Estudios realizados por Badger (1965) en el guineo demostraron que los conidias de *Fusarium pallidorseum* son resistentes a temperaturas de hasta 45°C (Badger, 1965). *Fusarium moniliforme*, al igual que la otra especie ya descrita, se caracteriza por tener la capacidad de desarrollarse en climas secos y con cierta humedad, semejante a lo que ocurre en el cultivo del maíz, ocasionando daños en la raíz (Senasa, 2011).

*Alternaria alternata* fue identificado en India y Malasia (Sepiah *et al.*, 2003) causando manchas de color marrón claro y pudriciones en el fruto. Para la identificación de este hongo es importante observar los síntomas característicos; la presencia de manchas más oscuras que las presentadas por el hongo de la antracnosis (Sepiah *et al.*, 2003). Para que este hongo pueda optimizar su ataque y ocasionar infección necesita de lesiones y de un fruto maduro.

Sepiah (2003) describió e identificó a *Pestalotiopsis guipini*, como el causante de las lesiones circulares de color marrón claro cubriendo las heridas en el fruto. Este hongo

produce un micelio de color blanco, en la variedad ‘B-17’ en Malasia. La pudrición por *Pestalotiopsis guipini* ocurre mayormente durante el almacenamiento del fruto y rara vez causa pérdidas serias (Sepiah *et al.*, 2003). Este hongo es un patógeno débil que puede entrar al fruto en heridas realizadas durante la cosecha o transporte (Ploetz, 2003). Una alta humedad puede propiciar que esta enfermedad se desarrolle eficientemente (Senasa, 2010).

En Australia, Malasia, Florida, India e Islas Canarias varios autores en diferentes circunstancias han identificado al hongo *Cercospora averrhoae* como el causante de manchas en las hojas. Éste puede provocar que las hojas afectadas se tornen de color amarillo y puede inducir la caída prematura de éstas (Sepiah *et al.*, 2003).

La pudrición del fruto por *Phomospsis* sp. es importante después de la cosecha causando daños importantes durante el tránsito y almacenamiento del fruto (Sepiah *et al.*, 2003). Esta enfermedad ha sido reportada en Florida, India y Malasia. Sin embargo, se cree que la enfermedad tiene su origen cuando el fruto está en el campo. Los síntomas se desarrollan en los tallos y pedúnculos de los frutos o en heridas realizadas durante el manejo de los frutos. Usualmente, se observa micelio grisáceo o blanco amarilloso creciendo sobre el tejido afectado.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Lugar de muestreo**

Para realizar esta investigación se recolectaron frutas de carambola de una siembra localizada en la Subestación del Servicio de Investigación Agrícola Tropical del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*United States Department of Agriculture Tropical Agricultural Research Service, USDA-TARS*) en Isabela en Octubre de 2011 y de otra plantación localizada en la Subestación Experimental Agrícola del Recinto Universitario de Mayagüez en Corozal, visitada también en Octubre de 2011. Ambas localidades poseen una colección de las siguientes 9 variedades de carambola: ‘Arkin’, ‘B-10’, ‘B-16’, ‘B-17’, ‘Kajang’, ‘Kari’, ‘Lara’, ‘Sri Kembangan’ y ‘Thai Knight’.

### **4.2 Diseño experimental**

Se utilizó un patrón de muestreo al azar para coleccionar frutas con presencia de manchas, lesiones o síntomas por patógenos. El patrón consistió en caminar entre las hileras sembradas de carambola y seleccionar aquellos frutos que presentaban daño o manchas necróticas. Se coleccionaron un total de tres frutos por variedad del mismo árbol, para un total de 27 frutos con síntomas de posibles patógenos (esta colección de las frutas se realizó una sola vez en ambas localidades).

### **4.3 Recolección de frutos e identificación de los aislados**

Las frutas se colocaron en bolsas plásticas individuales y se transportaron en una nevera de plástico con bolsas de compresas frías para mantenerlas frescas. Luego, las muestras se llevaron al laboratorio de BNF localizado en la Finca Alzamora de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, Puerto Rico. Siguiendo las técnicas de asepsia, se realizaron cortes (1 mm) del tejido vegetal sintomático (cerca al síntoma). El tejido se desinfectó superficialmente usando el procedimiento descrito por Serrato (2010). El procedimiento consistió en desinfestar el tejido con alcohol etílico al 70% y una solución de hipoclorito de sodio al 10% por un período de 1 minuto cada uno. Entre soluciones, se lavó la muestra con agua destilada estéril. Una vez el tejido fue desinfestado, éste se transfirió a platos Petri conteniendo agar de papa y dextrosa acidulado con ácido láctico al 25% (PDAác). Los aislados fueron colocados en una incubadora a 27°C durante 7 días. Posteriormente, los aislados se purificaron y se procedió a realizar cultivos monospóricos para proceder a su identificación. Para identificar los géneros se utilizó la clave taxonómica de Barnett y Hunter (1998) siguiendo los criterios morfológicos más distintivos. Esta identificación fue realizada con cada una de las variedades de carambola muestreadas.

### **4.4 Pruebas de patogenicidad**

Las pruebas de patogenicidad consistieron en la recolección de frutos sanos y la inoculación de esporas de los hongos identificados. Para lograr esto, se siguieron los

Postulados de Koch. Los frutos sanos se recolectaron de la Subestación Experimental en Isabela (TARS) y ese mismo día se inocularon con los hongos aislados.

Se recolectaron 9 frutos por variedad de las 9 variedades incluidas en el estudio. Los frutos se desinfectaron superficialmente sumergiendo el fruto en hipoclorito de sodio al 10%, luego en alcohol al 70% y finalmente en agua destilada estéril, por un minuto en cada tratamiento. Luego se inocularon frutos sanos de cada variedad con los hongos aislados en cada una de las variedades.

Las frutas se colocaron en cámaras húmedas preparadas en bolsas plásticas pre-desinfectadas con hipoclorito de sodio al 10% y alcohol étílico al 70%. A cada bolsa se les colocó papel absorbente humedecido con agua destilada estéril. En el fondo de cada bolsa, sobre el papel absorbente, se colocaron las carambolas. A tres de éstas se les hizo una incisión con una cuchilla estéril y a otras tres frutas se les inoculó el hongo sin incisión. Tres frutas fueron mantenidas sin inoculación y sin incisión (controles absolutos). Este proceso se repitió con cada una de las variedades.

La segunda serie de pruebas de patogenicidad correspondientes a frutas colectadas de la Subestación Experimental de Corozal se realizó de igual forma con las nueve variedades. Estos frutos fueron colocados en cámaras húmedas siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente. Posteriormente, se procedió a observar los síntomas y signos de la enfermedad que presentaban los frutos a los 7 días de estar inoculados con su respectivo hongo, asegurándose que se cumpliera con los postulados de Koch.

## 5. RESULTADOS

Los frutos de las nueve variedades de carambola, provenientes de ambas localidades, presentaron síntomas. Sin embargo, la plantación de Corozal presentó una mayor incidencia de lesiones y daño en los frutos de carambola fue la de Corozal. En general, los síntomas fueron muy similares en ambas plantaciones, independientemente de la variedad. Los síntomas más frecuente fueron manchas o puntos circulares de color rojo en los bordes del fruto (figura 1). La técnica de aislamiento en cultivo PDA arrojó que varias especies de hongos estaban asociadas al daño del tejido de la fruta. Los aislados de hongos se muestran en los cuadros 1 y 2.



Figura 1. Frutas de carambola con síntomas de daño (manchas o puntos circulares de color rojo).

Un total de cuatro géneros (cepas) de hongos fueron aislados de las frutas en Isabela. *Colletotrichum* sp. fue el hongo más frecuentemente aislado en las muestras provenientes de Isabela con un 52% y el segundo lo fue *Nigrospora* sp. (39%). Otros géneros identificados, en menor frecuencia, fueron *Fusarium* sp. (3%) y *Pestalotia* sp. (6%)(Cuadro 1). Además, en la Subestación Experimental de Isabela tres de los hongos estudiados en las pruebas de patogenicidad mostraron resultados positivos con incisión y negativos sin incisión; estos hongos fueron *Fusarium* en la variedad ‘Kajang’, *Colletotrichum* sp. en ‘Thai Knight’ y *Nigrospora* sp. en la variedad ‘Kari’.

Los hongos identificados en las nueve variedades evaluadas, en la Subestación Experimental de Corozal, pertenecieron a los géneros; *Nigrospora* sp., *Trichoderma* sp., *Curvularia* sp., *Colletotrichum* sp y *Pestalotia* sp. (Cuadro 2). De las nueve variedades provenientes de Isabela y evaluadas en el laboratorio sólo ocho lograron ser infectadas con *Colletotrichum* sp., resultando la variedad ‘Sri-Kembangan’ la única que escapó de la enfermedad o no desarrolló síntoma. Sin embargo, en la Subestación Experimental de Corozal esta variedad mostró unas lesiones que posteriormente se le asociaron al género *Colletotrichum*. Cabe mencionar que la variedad ‘B-17’, en Isabela, fue atacada por *Colletotrichum* sp. mientras que en Corozal, éste hongo no infectó a la variedad ‘B-17’.

En las muestras provenientes de la Subestación Experimental de Corozal, *Trichoderma* sp. fue aislado en las variedades de ‘B-10’ y ‘B-17’.

**Cuadro 1. Hongos aislados en frutos de carambola provenientes de una plantación en Isabela, Puerto Rico.**

| Variedad        | Núm. de aislados* | Género de hongos (frecuencia en la incidencia)                                    |
|-----------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ‘Arkin’         | 3                 | <i>Colletotrichum</i> sp.(3)                                                      |
| ‘B-10’          | 3                 | <i>Nigrospora</i> sp. (2), <i>Colletotrichum</i> sp. (1)                          |
| ‘B-16’          | 3                 | <i>Colletotrichum</i> sp. (2), <i>Pestalotia</i> sp. (1)                          |
| ‘B-17’          | 3                 | <i>Colletotrichum</i> sp.(3)                                                      |
| ‘Kajang’        | 4                 | <i>Colletotrichum</i> sp. (2), <i>Pestalotia</i> sp. (1), <i>Fusarium</i> sp. (1) |
| ‘Kari’          | 4                 | <i>Nigrospora</i> sp. (2), <i>Colletotrichum</i> sp. (1)                          |
| ‘Lara’          | 3                 | <i>Colletotrichum</i> sp. (3)                                                     |
| ‘Sri-Kembangan’ | 4                 | <i>Nigrospora</i> sp. (4)                                                         |
| ‘Thai Knight’   | 4                 | <i>Nigrospora</i> sp. (3), <i>Colletotrichum</i> sp. (1)                          |
| TOTAL           | 31                |                                                                                   |

\*cada valor es la suma de 3 frutas evaluadas

**Cuadro 2. Hongos aislados en frutos de carambola provenientes de una plantación en Corozal, Puerto Rico.**

| Variedad        | Núm. de aislados* | Género de hongos (frecuencia en incidencia)                                                                                                                             |
|-----------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ‘Arkin’         | 3                 | <i>Curvularia</i> sp.(1) , <i>Colletotrichum</i> sp.(1), <i>Nigrospora</i> sp.(1)<br><i>Trichoderma</i> sp.(1), <i>Colletotrichum</i> sp.(1), <i>Nigrospora</i> sp. (2) |
| ‘B-10’          | 4                 | <i>Pestalotia</i> sp.(1), <i>Colletotrichum</i> sp. (3)                                                                                                                 |
| ‘B-16’          | 4                 | <i>Trichoderma</i> sp.(1), <i>Nigrospora</i> sp. (2)                                                                                                                    |
| ‘B-17’          | 3                 | <i>Pestalotia</i> sp.(1), <i>Colletotrichum</i> sp. (2)                                                                                                                 |
| ‘Kajang’        | 3                 | Desconocido(3)                                                                                                                                                          |
| ‘Kari’          | 3                 | <i>Nigrospora</i> sp. (3), <i>Colletotrichum</i> sp. (1)                                                                                                                |
| ‘Lara’          | 4                 | <i>Colletotrichum</i> sp.(3)                                                                                                                                            |
| ‘Sri-Kembangan’ | 3                 | <i>Nigrospora</i> sp. (2), <i>Colletotrichum</i> sp. (1)                                                                                                                |
| ‘Thai Knight’   | 3                 |                                                                                                                                                                         |
| TOTAL           | 30                |                                                                                                                                                                         |

\*Cada valor es la suma de 3 frutas evaluadas

Las colonias pertenecientes a los aislados de *Nigrospora* sp. presentaron una pigmentación de color blanco, indicativo de la ausencia de conidias al inicio de su desarrollo. Las conidias se desarrollaron luego de 10 días de incubación a una temperatura de 27°C. La colonia tenía una apariencia algodonosa, de color grisáceo en el anverso y color negro en el reverso. Además, se observó la producción de micelio aéreo en el anverso de la colonia. Este hongo se caracteriza por la producción de conidias globosas solitarias muy prominentes de color negro y textura lisa desarrolladas en conidióforos cortos. El micelio se observó con hifas septadas de color marrón claro.

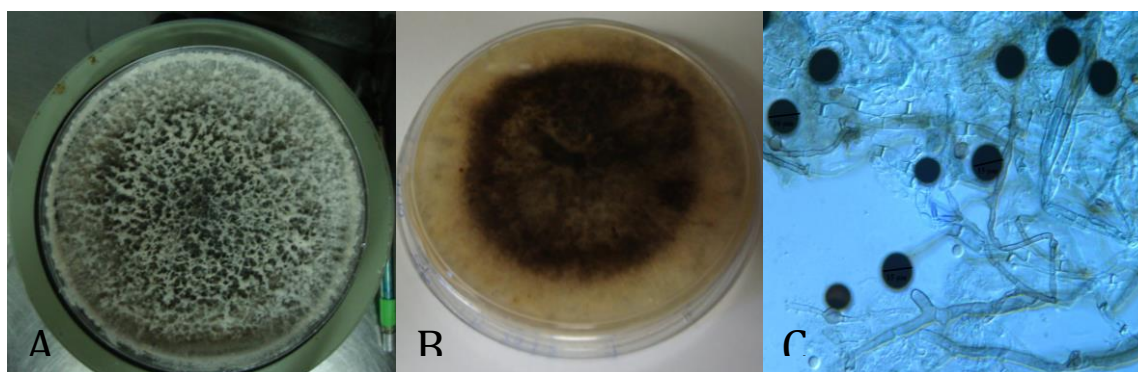


Figura 2. Anverso de la colonia de *Nigrospora* sp. en PDA aislado en la variedad 'Kari' en Isabela (A), Reverso de la colonia en PDA (B), Conidias de *Nigrospora* sp. en magnificación de 40x (C).

Las colonias de *Curvularia* se caracterizaron por ser de crecimiento rápido, algodonosas, de color verde muy oscuro en el anverso y de color negro en el reverso. A los 7 días de la inoculación, se pudo observarlas conidias e identificarlas microscópicamente. En el microscopio, las conidias presentaron la distintiva curvatura septada con 3 a 4 células y su pigmentación de color marrón oscuro.

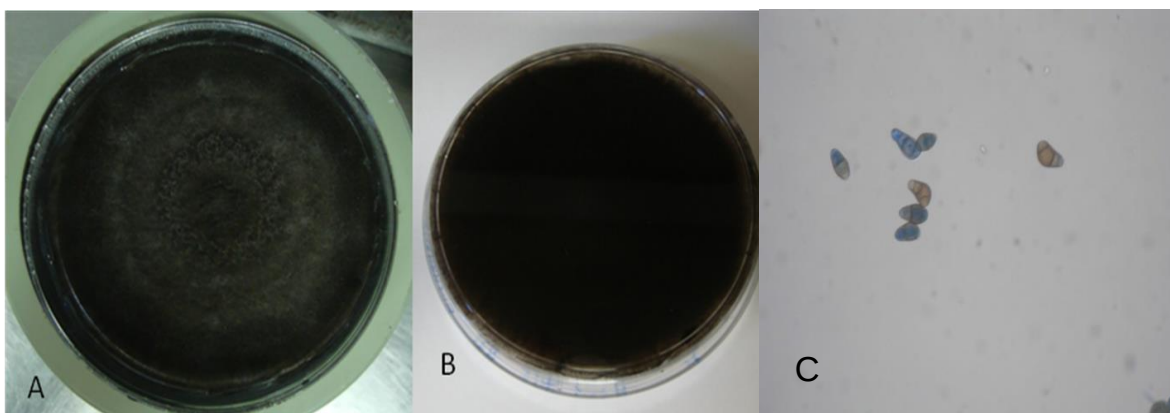


Figura 3. Anverso de la colonia de *Curvularia* sp. en PDA aislado en la variedad ‘B-19’ en Isabela (A), Reverso de la colonia en PDA(B), Conidias de *Curvularia* sp.en magnificación 40 X (C)

Las colonias de *Fusarium* se caracterizaron por ser algodonosas, de color blanco al principio, tornándose de color rosa-salmón a medida que transcurría el tiempo de incubación. En el anverso de la colonia se observó un micelio aéreo de color rosa más intenso en la zona central de la colonia. En el microscopio, se observó una producción abundante de macroconidias fusiformes, con 2 a 3 septos. Se observaron microconidias ovaladas no septadas, producidas de forma poco abundante.

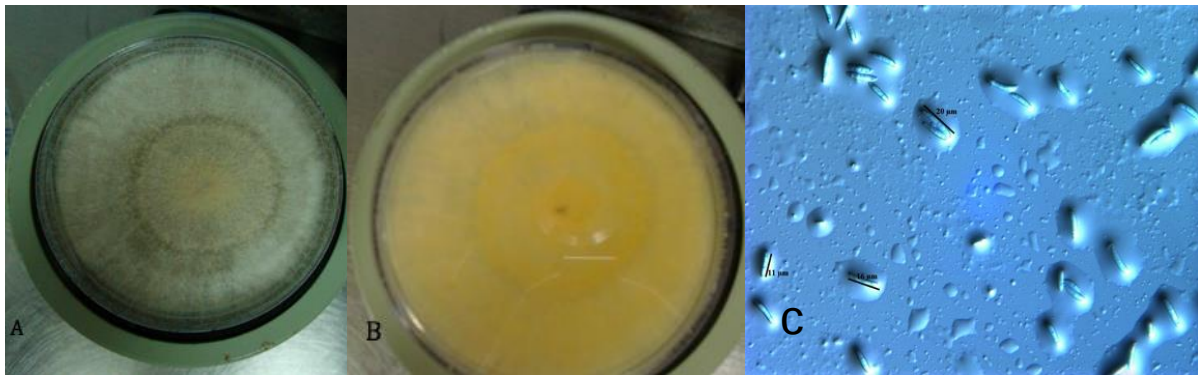


Figura 4. Anverso de la colonia de *Fusarium* sp. en PDA aislado en la variedad 'Kajang' en Isabela (A), Reverso de la colonia en PDA (B), Conidias de *Fusarium* sp. en magnificación de 40x(C) Conidias de *Fusarium* sp. en magnificación de 40 x (C).

Las colonias de *Pestalotia* se caracterizaron por ser de color blanco y apariencia algodonosa. A los once días de incubación se observaron acérvulos de color negro en forma de disco o cojín, sub epidérmicos que brotaban a través de la superficie del tejido vegetal. Al observarse los acérvulos microscópicamente, se identificaron esporas septadas fusiformes (de 3 a 4 células) de color marrón oscuro con células apicales hialinas con apéndices.

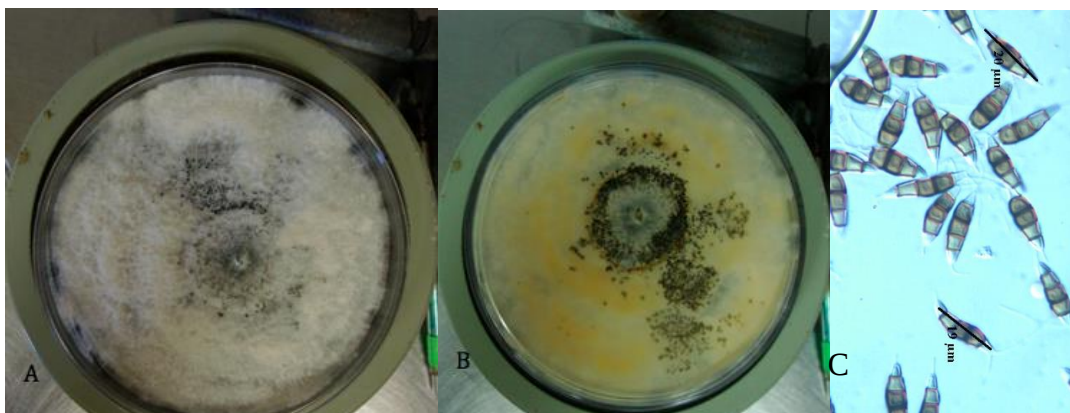


Figura 5. Anverso de la colonia de *Pestalotia* sp. en PDA aislado en la variedad 'Kari' en Isabela(A), Reverso de la colonia en PDA(B), Conidias de *Pestalotia* sp. en magnificación de 40x(C).

Las colonias de *Colletotrichum* sp. se caracterizaron por ser algodonosas. En el anverso se observó un micelio de color marrón claro, mientras el reverso de la colonia mostraba un color marrón oscuro. Sin embargo, luego de los 7 días de incubación este hongo produce un exudado color anaranjado. Microscópicamente se observó el acérvulo, se identificaron conidias con dos extremos redondos y algunas un poco curvadas.

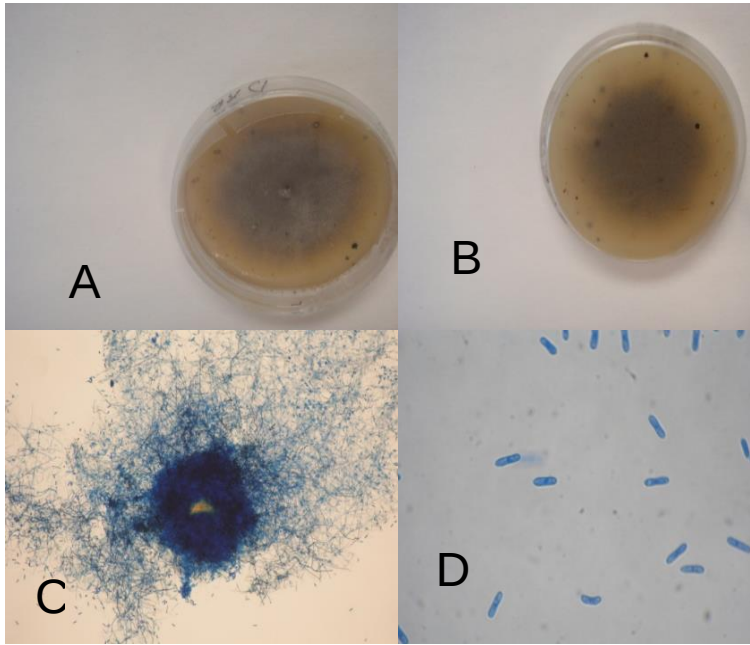


Figura 6. Anverso de la colonia de *Colletotrichum* sp. en PDA (A), Reverso de la colonia en PDA (B), Acérvulo de *Colletotrichum* sp. en magnificación 40x (C), Conidias de *Colletotrichum* sp. en magnificación 40x(D).

Entre los aislados provenientes de Corozal se observó el hongo *Trichoderma* sp. (Barnett y Hunter, 1998). La colonia de *Trichoderma* en su inicio tuvo un color blanco, que luego de 7 días de incubación a 27°C se tornó verde oscuro con esporulación densa. El micelio observado bajo el microscopio fue fino y de crecimiento rápido. Los conidióforos estaban compactados y se ramificaban de forma piramidal. Las conidias se formaban en fiálidos y eran ovoides, hialinas y se formaban en pequeños agregados terminales en los conidióforos



Figura 7. Anverso de la colonia de *Trichoderma* sp. en PDA aislado en la variedad ‘B-17’ en Corozal (A), Reverso de la colonia en PDA (B), Conidias de *Trichoderma* sp. en magnificación 40x (C).

**Cuadro 3. Determinación de patogenicidad en hongos aislados de frutas de carambola provenientes de Isabela según las pruebas in vitro.**

| Variedad        | Genero aislado            | Con incisión    | Sin incisión    |
|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| ‘Arkin’         | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
| ‘B-10’          | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Nigrospora</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
| ‘B-16’          | <i>Pestalotia</i> sp.     | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
| ‘B-17’          | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
| ‘Kajang’        | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Pestalotia</i> sp.     | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Fusarium</i> sp.       | Positivo        | <b>Negativo</b> |
| ‘Kari’          | <i>Nigrospora</i> sp.     | Positivo        | <b>Negativo</b> |
|                 | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
| ‘Lara’          | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
| ‘Sri-Kembangan’ | <i>Nigrospora</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
| ‘Thai Knight’   | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | <b>Negativo</b> |
|                 | <i>Nigrospora</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |

**Cuadro 4. Determinación de patogenicidad en hongos aislados de frutas de carambola provenientes de CorozaI según las pruebas in vitro.**

| Variedad        | Genero aislado            | con incisión    | Sin incisión    |
|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| 'Arkin'         | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Nigrospora</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
|                 | <i>Curvularia</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
| 'B-10'          | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Nigrospora</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
|                 | <i>Trichoderma</i> sp.    | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
| 'B-16'          | <i>Pestalotia</i> sp.     | Positivo        | positivo        |
|                 | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
| 'B-17'          | <i>Trichoderma</i> sp.    | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
|                 | <i>Nigrospora</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
| 'Kajang'        | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Pestalotia</i> sp.     | Positivo        | Positivo        |
| 'Kari'          | Desconocido               | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
|                 | Desconocido               | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
|                 | Desconocido               | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
| 'Lara'          | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Nigrospora</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |
| 'Sri-Kembangan' | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
| 'Thai Knight'   | <i>Colletotrichum</i> sp. | Positivo        | Positivo        |
|                 | <i>Nigrospora</i> sp.     | <b>Negativo</b> | <b>Negativo</b> |



Figura 8.Resultados de las pruebas de patogenicidad de *Colletotrichum* sp. en la variedad 'Kari' sin incisión de Isabela.



Figura 9. Resultados de las pruebas de patogenicidad de *Pestalotia* sp. en la variedad 'B-16' con incisión de Corozal.



Figura 10. Resultados de las pruebas de patogenicidad de *Nigrospora* sp. en la variedad 'Kari' sin incisión de Isabela.



Figura 11. Resultados de pruebas de patogenicidad de *Fusarium* sp. en la variedad ‘Kajang’ con incisión de Isabela.

## 6. DISCUSIÓN

En las dos plantaciones evaluadas se identificaron un total de seis géneros pertenecientes al grupo de los hongos imperfectos: *Nigrospora* sp., *Pestalotia* sp., *Trichoderma* sp., *Curvularia* sp., *Colletotrichum* sp. y *Fusarium* sp. De éstos, el más frecuente en las muestras fue *Colletotrichum* sp. con 49% y los menos frecuentes fueron *Curvularia* sp. y *Fusarium* sp., ambos con 2%. El estudio no pudo relacionar un género de hongo patógeno a una variedad en particular ya que no se observaron patrones de especificidad entre las variedades de carambola.

En relación a los tres hongos que preliminarmente fueron identificados como *Colletotrichum* sp. *Fusarium* sp. y *Nigrospora* sp. en la Subestación Experimental de Isabela y que lograron enfermar el fruto cuando se realizó incisión, pudiera explicarse en

que estos organismos procedieron más bien como patógenos oportunistas ya que necesitaron de una herida para poder atacar al fruto y así ocasionar daño. Un patógeno oportunista es aquel organismo que puede ocasionar daño en el fruto siempre y cuando las condiciones le permitan llegar a un tejido o fuente de alimentos de una forma inusual o no natural. Al provocar una incisión al fruto, las barreras de protección o primera línea de defensa de la planta fallan y el hongo puede acceder al interior del tejido y producir estructuras de reproducción y supervivencia (invasión), ocasionando así el deterioro del fruto (Vidal, 2008). Según estudios realizados por Reyes Díaz (2006), en plantaciones de café, *Colletotrichum* sp. es un hongo causante de antracnosis y es oportunista en estas plantas debido a que tiene la capacidad de infectar a través de daños fisiológicos y climáticos. Otro hongo que ha sido reportado como oportunista es *Fusarium* sp., causando deterioro en frutas carnosas de arándano durante la post-cosecha a través de una herida en la fruta (Pérez *et al.*, 2014), ya que este hongo tiene la capacidad de colonizar los sustratos y producir conidias (Tang *et al.*, 2003). Probablemente, el hongo *Nigrospora* también se está comportando como otro hongo oportunista.

A pesar de que se evaluaron las mismas variedades de carambolas en las dos subestaciones experimentales, los géneros de *Curvularia* sp. y *Trichoderma* sp. solo fueron aislados en la Subestación Experimental de Corozal. Esto pudiera deberse a las diferencias condiciones de clima en ambos lugares. Corozal se caracteriza por tener de 3.17 a 8.48 pulgadas de lluvia mensual y una evaporación de 3.17 a 5.81; mientras que en el pueblo de Isabela es de 3.07 a 8.16 pulgadas de lluvia mensual y de evaporación de 4.52 a 6.46 (Goyal y González, 1989). Por lo que podríamos concluir que en Corozal se mantienen mejores condiciones para el desarrollo de *Curvularia* sp. y *Trichoderma* sp, comúnmente

citados en la literatura como contaminantes en el aire. A menor evaporación, más precipitación y un rango de temperatura más bajo (65 a 76 °F), el crecimiento y desarrollo de los hongos diseminados por el aire aumenta.

La especie de *Colletotrichum* detectada en la Subestación Experimental de Isabela, se aisló de los síntomas presentes en las variedades: ‘Arkin’, ‘B-10’, ‘B-16’, ‘B-17’, ‘Kajang’, ‘Kari’, ‘Lara’ y ‘Thai Knight’, mientras que en la Sub-Estación Experimental de Corozal el hongo se detectó asociado a las variedades: ‘Kajang’, ‘Lara’, ‘Sri-Kembangan’, ‘Thai Knight’, ‘Arkin’, ‘B-10’, ‘B-16’. Al compararse estos resultados se determinó que las variedades ‘Arkin’, ‘B-10’, ‘B-16’, ‘Kajang’, ‘Lara’ y ‘Thai Knight’ resultaron susceptibles al hongo para ambas localidades. Este hongo se ha reportado causando antracnosis y pudrición en los frutos (Sepiah *et al.*, 2003). La antracnosis se caracteriza por presentar signos de infección de pequeñas manchas de color marrón que eventualmente causan necrosis en todo el tejido. En algunos casos su presencia y ocurrencia coincide con la época lluviosa (Baquero y Pérez, 2002). En nuestro estudio, este hongo logró ocasionar daños al fruto en ambos tratamientos con herida y sin herida. A manera de excepción, el hongo requirió de una incisión en la variedad ‘Thai Knight’ proveniente de Isabela para ocasionar daño. Esto pudiera explicarse por cierta variabilidad genética en el hongo (Casarubias *et al.*; 2003, Montero *et al.*, 2010). Estos investigadores indican que existe variación de los aislados en el mismo cultivo y país. Una explicación posible para esto es que el hongo tiene la capacidad de mutar bajo diferentes condiciones climáticas. Otra posible explicación es que el hongo pudiera estar desarrollando, en algún momento, su fase sexual (Casarubias *et al.*, 2003).

En estudios realizados en Taiwan por Duan *et al.* (1991) se determinó que la antracnosis infecta la carambola en cualquier etapa de desarrollo del fruto. Más aún, la infección es favorecida por lesiones ocurridas en el fruto. *Colletotrichum gloeosporioides* es un patógeno que tiene la capacidad de infectar frutos susceptibles. Los ataques por el hongo son más severos durante la etapa de floración y fructificación del cultivo. Los ataques severos causados por *Colletotrichum* suelen estar asociados a días lluviosos o con humedad mayor de 90% (Alarcón y Chavarriaga, 2007). El clima tropical de Puerto Rico y la alta precipitación durante gran parte del año, principalmente en la zona norte y este de la Isla durante los meses de agosto y septiembre, pudieran estar promoviendo la infección de los frutos por este hongo en Corozal, en comparación con el pueblo de Isabela donde la precipitación es menor.

A pesar que no hay reportes de *Pestalotia* asociado al cultivo de carambola, es posible que lo observado en nuestro estudio sea el mismo patógeno que otros autores (Sepiah *et al.*, 2003) lo citan como el hongo *Pestalotiopsis* sp. Este autor reporta que el hongo es el responsable de lesiones circulares de color marrón claro en la variedad ‘B-17’ de carambola en Malasia. Las descripciones realizadas por estos autores son muy parecidas a las descritas en este estudio y a lo que hemos identificado como *Pestalotia*. Recientemente, Escalante *et al.* (2010) informó que *Pestalotia* y *Pestalotiopsis* son sinónimos, o sea el mismo género. Estudios realizados en Colombia encontraron que *Pestalotia* es una de las enfermedades más importante del cultivo de guayaba, infestando un 75% a 100% de los frutos reduciendo su valor económico (Farfán *et al.*, 2006). Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que *Pestalotia* tiene la capacidad de poder infectar frutos de carambola con y sin herida ocasionando daños en todas las variedades

donde fue aislado. Esto confirmaría que el hongo es un patógeno de las variedades ‘Kajang’ y ‘B-16’ en ambas localidades estudiadas. Resultados similares fueron obtenidos por Sepiah *et al.* (2003) en la variedad ‘B-17’ en Malasia. Este autor indica que *Pestalotia guipini* necesita de una herida o punto de entrada para infectar la fruta. Es imperativo continuar los estudios para determinar el rol de *Pestalotia* sp. en la carambola sembrada bajo las condiciones ambientales de Puerto Rico.

*Pestalotia* es un hongo patógeno que ha sido reportado como agente patogénico en condiciones de humedad relativa alta o lluvias en días secos (OIRSA, 2003). Cabe mencionar que en Puerto Rico la humedad relativa fluctúa entre 60% a 80% (Central meteorológica y Geológica del Caribe, 2015). Además, la invasión de este hongo se logra mediante heridas en las plantas y en frutas (OIRSA, 2003). En nuestro caso, el hongo logró invadir el tejido con y sin herida.

Las especies de *Fusarium* sp. tienen una amplia distribución y gran importancia económica. Muchas especies son fitopatógenas en cultivos tropicales y se caracterizan por provocar ablandamiento y oscurecimiento del fruto en árboles de carambola (Sepiah *et al.*, 2003). En este estudio se obtuvo un solo aislado de *Fusarium* sp. El aislado surgió de la variedad ‘Kajang’ de la Subestación Experimental de Isabela. Según Goyal y González (1989) la temperatura de la Subestación Experimental de Isabela fluctúa de 20.9 a 27.4 °C lo cual fortalece la explicación de su ocurrencia en Isabela y no en Corozal, que es de 18.3 a 24.4 °C. Otro autor indica que la temperatura que favorece el crecimiento de *Fusarium* es de 25 a 30 °C (Regalado, 2011). Este hongo (*Fusarium*) aislado resultó patogénico, según la prueba, ya que fue capaz de colonizar una pequeña parte de la carambola y ocasionar el

oscurecimiento del fruto. La baja frecuencia de este hongo (2%) pudiera indicar que no es un patógeno frecuente de frutas y probablemente no representa una amenaza a las plantaciones de carambola en Isabela y Corozal

La presencia de *Nigrospora* sp. en la fruta de carambola puede deberse a que este se caracteriza por ser un hongo que tiene la capacidad de crecer en cualquier ambiente muy fácilmente. Este puede encontrarse en el suelo, plantas en descomposición e incluso en semillas. Además, se ha reportado como un contaminante de laboratorios (Quan, 2012) ya que es hongo saprófito, pero puede comportarse como un parásito facultativo. En las pruebas de patogenicidad realizadas en las variedades de ‘Thai Knight’, ‘Kari’, ‘Sri-Kembangan’ y ‘B-10’ de Isabela y en las variedades ‘Arkin’, ‘B-10’, ‘B-17’, ‘Lara’ y ‘Thai Knight’ de Corozal, el cultivo no fue susceptible al hongo. Sin embargo, en los estudios realizados en la variedad ‘Kari’ proveniente de la Subestación Experimental de Isabela las pruebas arrojaron un resultado positivo, con frutas que estaban con incisión. Sepiah *et al.* (2003), indica en su trabajo que los autores Jain and Saksena (1984) reportaron que *Nigrospora oryzae* era el responsable en ocasionar daños de post-cosecha en la fruta de carambola en la India, dándonos a entender que bajo las condiciones del pueblo de Isabela este hongo se está comportando como un oportunista o un parásito facultativo. A pesar de que se trató de un solo aislado, éste resultó ser patogénico. Este hallazgo es indicativo de que se debe prestar más atención a este hongo ya que pudiera convertirse en un problema posteriormente.

La presencia de *Trichoderma* en las muestras de las variedades ‘B-17’ y ‘B-10’ de Corozal puede deberse a dos posibles razones. Primeramente, este hongo ha sido reportado

por varios autores (Harman *et al.*, 2004) como un hongo saprófito de crecimiento superficial. Esto puede ocurrir gracias a que por acción del viento sus esporas sean esparcidas, ocasionando así que el hongo llegara a la fruta accidentalmente y actuar como saprófito. Además, éste hongo puede estar fungiendo como hiperparásito, por lo que su detección puede deberse al aislamiento de un segundo hongo, en este caso el hospedero de *Trichoderma* (Reyes *et al.*, 2007). Varias especies de *Trichoderma* son conocidas en el uso de agentes biocontroladores. Este tiene la capacidad de parasitar hongos fitopatógenos particularmente aquellos que atacan frutos en post-cosecha. Teniendo claro que en las pruebas de patogenicidad este no resultó patogénico, confirma su función como saprófito o hiperparásito en las frutas de carambola.

El género de *Curvularia* fue aislado en una sola variedad de la carambola ('Arkin'), proveniente de la subestación de Corozal. La prueba de patogenicidad realizada en la fruta fue negativa con incisión y sin incisión, por lo que se concluye que no es patogénico en la carambola. Una de las posibles razones de que este género esté presente en nuestras muestras puede deberse a que es un hongo que crece muy fácilmente en el ambiente como lo indica Acosta *et al.* (1987). Por lo que se puede entender que incluso puede ser un contaminante. Además, la presencia de este hongo puede deberse a que éste está actuando como un saprófito, obteniendo de la materia orgánica en descomposición los nutrientes necesarios para su supervivencia.

## 7. CONCLUSION

1. Los resultados indican que la carambola en Puerto Rico es afectada por varios hongos patógenos de los cuales se distingue *Colletotrichum* sp., *Pestalotia* sp., *Nigrospora* sp. y *Fusarium* sp.
2. La mayoría de los aislados de *Colletotrichum* y *Pestalotia* ocasionaron daños en frutas según las pruebas de patogenicidad.
3. La mayoría de los aislados de *Nigrospora* no resultaron patógenos.
4. *Trichoderma* sp. y *Curvularia* sp. resultaron no patogénicos en la carambola.
5. Los síntomas más frecuente fueron manchas o puntos circulares de color rojo en los bordes del fruto
6. De las nueve variedades evaluadas en el pueblo de Isabela, sólo 8 lograron ser infectadas por *Colletotrichum* sp., siendo la variedad ‘Sri-Kembangan’ la única que no fue infectada. Mientras que en Corozal esta variedad fue infectada por *Colletotrichum* sp.
7. La variedad ‘B-17’ en Isabela fue atacada por *Colletotrichum* sp., mientras que en Corozal no fue infectada.
8. La plantación que presentó la mayor incidencia de lesiones y síntomas en los frutos de carambola fue la de Corozal. En general, los síntomas fueron muy similares en ambas plantaciones, independientemente de la variedad.

9. Un total de cuatro géneros de hongos fueron aislados de las frutas en Isabela; *Colletotrichum* sp., *Nigrospora* sp., *Pestalotia* sp. y *Fusarium* sp. Por otro lado, en la Subestación Experimental de Corozal se aislaron cinco géneros; *Nigrospora* sp., *Trichoderma* sp., *Curvularia* sp., *Pestalotia* sp. y *Colletotrichum* sp.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Comparar la población de hongos con potencial patogénico de la carambola en la época de lluvia versus la época de sequía.
2. Evaluar la virulencia de los hongos aislados en los árboles de carambola bajo condiciones de invernadero y campo.
3. Aislar e identificar la presencia de posibles organismos patógenos en frutas de carambola de la colección de árboles de la sub-estación experimental de Juana Díaz, Puerto Rico.
4. Identificar a nivel molecular las especies de hongos patógenos aislados en éste estudio.
5. Ampliar los estudios para examinar la patogenicidad de una cepa de *Nigrospora* sp. en la variedad 'Kari'.

## 9. LITERATURA CITADA

Acosta, N. y Contreras, L. 1987. Influencia de algunos factores climáticos en el desarrollo del manchado de granos ocasionado por *Helminthosporium oryzae* en cultivos de arroz (*Oryza sativa*). M.S thesis. Universidad de los Llanos Orientales, Facultad de Ingeniería Agronómica.

Alarcón, J y Chavarriaga, W. 2007. Diagnóstico precoz de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) (Penz) Penz & Sacc. En toma de árbol mediante el empleo de infecciones quiescentes. Agronomía. 15(1):89–102.

Badger, A. M. 1965. Influence of relative humidity on fungi causing crown rot of boxed bananas. *Phytopathology* 55:688-692.

Baquero, M. y Pérez, L. 2002. Identificación y caracterización de *Colletotrichum* spp. como agente causal de la antracnosis en *Dioscorea* spp. Trabajo de grado de la universidad de Sucre Facultad de Ciencias y educación Programa de Biología Sincelejo, Colombia.

Barnett, H. y Hunter, B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. 4<sup>th</sup> edition. Minesota US: Burgess Publishing company, APS Press.

Casaca, A. Sierra, E. Y Cruz, J. 2005. El cultivo de la Carambola (*Averrhoa carambola*). Guías Tecnológicas de frutas y Vegetales 2:1-11.

Casarubias, U. Marín, M. Cruz, A. Cardenas, E. Nieto, D. y Guevara, R. 2003. Variabilidad genética de *Colletotrichum gloeosporoides* (Penz) Penz. y Sacc. Aislados de frutos de papaya (*Carica papaya* L.) mediante el uso de marcadores moleculares RAPD. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21(3):338-345.

Central Meteorológica y Geológica del Caribe, 2015. Puerto Rico. Recuperado de <http://www.cmgaribe.blogspot.com>. Revisado el 25 de febrero de 2015.

Crane, J. 1994. La carambola en la Florida. University of Florida. <http://miamidade.ifas.ufl.edu/old/programs/tropicalfruit/Publications/LA%20CARAMBOLA.pdf>. Revisado el 22 de octubre de 2011.

Duan, C. Tasi, W. y Tu, C. 1991 Pathogenicity and inoculum sources of *Colletotrichum gloeosporioides* in carambola. *Journal of Agricultural Research of China* 40:425–432.

Escalante, M. Damas, D. Márquez, D. Gelvez, W. Chacón, H. Díaz, A y Moreno, B. 2010. Diagnóstico y evaluación de *Pestalotiopsis*, e Insectos inductores, en plantaciones de palma aceitera al sur del lago de Maracaibo, Venezuela. *Bioagro* 22(3):211-216.

Farfán, P. Insuasty, P y Casierra, F. 2006. Distribución espacio temporal y daño ocasionado por *Pestalotia* spp. en frutos de guayaba. Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria 7(2):89-98.

Hardham, R. y Gubler, F. 1990. Polarity of attachment of zoospores of a root pathogen and pre-alignment of the emerging germ tube. Cell Biology International Reports.14:947-956.

Flores, R. 2010. Estudio poblacional de oomicetos aislados de suelos hortícolas en Tepetitlatlax. M.S. Thesis. Centro de investigación en biotecnología aplicada (CIBAIPN) TLAXCALA. 30-36.

Goenaga, R. 2007. Yield and fruit quality traits of carambola cultivars grown at three locations in Puerto Rico. Hortechonology 17(4):604-607.

Gonzaga, F. Lerario, R. Zanon, S. Aparecido, A. De Oliveira, J. y Teixeira de Gois, A. (2010). Star fruit intoxication in a chronic renal failure patient: Case report. Revista Brasileira de Terapia Intensiva:22(4):395-398.

Goyal, M. y González, E. 1989. Datos climatológicos de las subestaciones experimentales agrícolas de Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez. 88(70):1-89.

Harman, G. Howell, CR. Viterbo, A. Chet, I. y Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species – opportunistic, a virulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology 2(1):43-56.

IPM CENTER. 2014. Crop Profile for carambola in Florida  
<http://www.ipmcenters.org/cropprofiles/docs/FLcarambola.pdf>. Revisado el 27 de marzo 2015.

INTERNATIONAL TRADE CENTRE. Recuperado de  
[http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracen.org/Content/Exporters/Market\\_Data\\_and\\_Information/Market\\_information/Market\\_Insider/Fruit\\_and\\_Vegetables/MI%20FruitVeg\\_%20week%2027.pdf](http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracen.org/Content/Exporters/Market_Data_and_Information/Market_information/Market_Insider/Fruit_and_Vegetables/MI%20FruitVeg_%20week%2027.pdf). Revisado el 31 marzo de 2015.

Marín, L. 2008. Intoxicación por *Averrhoa carambola* en un paciente en diálisis crónica. Nefrología 28(1):117-118.

Montero, V. Morales, J. González, M. Anaya, J. Corona, T y. Gálvez, A. (2010). Diversidad genética, patogénica y morfológica del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) de Michoacán, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1(2):157-172.

Mossler, M.A. y Nesheim, J.N. 2002. Florida crop pest management profile: Carambola.  
<http://edis.ifas.ufl.edu/PI056>. Revisado el 21 de septiembre de 2011.

Munir C.K y Lam C.K. 1980. Depressant action of *Averrhoa carambola*. Malaysia. 34(3):279-280.

- OIRSA.2003.Mancha foliar por *Pestalotia* spp., en el cultivo del Loroco. Ministerio de Agricultura y Ganadería.  
<http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=1731>. Revisado el 23 de septiembre de 2014.
- Páez, A. 2003. Tecnologías sostenibles para el manejo de la antracnosis en papaya y mango.Boletín técnico Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Regional Tres)8:1-18.
- Pérez, L. Y Vidal, I. 2002. Aspectos de la biología de *Colletotrichum musae* (BERK. & CURT). Var x y *Fusarium pallidroseum* (COOKE) saccardo, agentes causales de la pudrición de la corona de los bananos (*Musa* sp) en Cuba. Fitosanidad 6(1):3-10.
- Pérez, H y Vázquez, V.2004.Carambolo (*Averrhoa carambola* L.) su cultivo y producción en Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. *Folleto Técnico* Núm. 3:1-48.
- Pérez, E.Blanco,O. Alves, P.Román, C. Rial, M.Rodríguez, A y Heredia, A. 2014. Guía para la identificación de patógenos de poscosecha en frutos de arándanos. Programa Nacional de Investigación en Producción Frutícola Fitopatología Boletín Num.107:1-44.
- Quan, J. 2012. Caracterización de cepas fúngicas aisladas del interior y exterior de los laboratorios LAMR (Laboratorio Microbiológico de Peferecia), LAFYM (Laboratorio de Análisis Físioquímico y Microbiológico) y AMSA (Autoridad en el Manejo sustentable del Lago de Amatitlán). M.S Thesis. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Rivera, M. 2009. Investigación y análisis de la carambola y propuesta gastronómica. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Turismo y preservación ambiental, Hotelería y Gastronomía. Tesis de grado.
- Regalado,J. 2011. Etiología de las enfermedades fungosas de la ave de paraíso.MS Thesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMICH), México.
- Reyes, T. Rodríguez, G. Pupo, A. Alarcón, L Y. Limonta, Y. 2007. Efectividad in vitro de *Trichoderma harzianum* Rifai para el biocontrol de *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Pyricularia grisea* Sacc aislados en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Fitosanidad 11(1):29-33.
- Reyes, D. 2006. Evaluación de alternativas para el manejo de antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en fincas de los departamentos de Carazo, Granada y Masaya. Grado de tesis. Universidad Nacional Agraria.

Rubens, E. 2006. Promueven el cultivo de la carambola en el país. Hoy digital. <http://hoy.com.do/promueven-el-cultivo-de-carambola-en-el-pais/>. Revisado el 21 de enero de 2011.

SELVANET. Rescatando y Difundiendo lo Nuestro. 2011. *La Carambola: Averrhoa carambola*. [http://www.selvanet.com.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=97:la-carambola-averrhoa-carambola&catid=35:flora&Itemid=75](http://www.selvanet.com.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=97:la-carambola-averrhoa-carambola&catid=35:flora&Itemid=75). Revisado el 23 de septiembre de 2011.

Senasa. 2010 *Colletotrichum gloeosporioides*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. <http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/colletotrichum-gloeosporioides>. Revisado el 23 de septiembre de 2011.

Senasa. 2010. *Pestalotiopsis guepini*. Servicio Nacional de Sanidad y calidad Agroalimentaria Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pescadería. <http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/pestalotiopsis-guepini>. Revisado el 23 de septiembre de 2011.

Senasa. 2011. *Fusarium moniliforme*. Servicio nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca <http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/fusarium-moniliforme>. Revisado el 23 de septiembre de 2011.

Sepiah, R. Ploetz, R y Cooke, A. 2003. Diseases of carambola. CABI Publishing. Diseases of Tropical Fruit Crops, 145-162.

Serrato, L. 2010. Caracterización morfológica, patogénica y molecular de hongos asociados a frutales exóticos tropicales, rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) y longán (*Dimocarpus longan* L.) en Puerto Rico. M.S Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez.

Suárez, A. 2009. Carambola, fruta para diabéticos. <http://www.nutricion.pro/14-10-2009/alimentos/carambola-fruta-para-diabeticos>. Revisado el 22 de septiembre de 2011.

Tang, A. Hyde, K y Corlett, R. 2003. Diversity of fungi on wild fruits in Hong Kong. (14) 165-185.

Van der Plaats-Niterink, A. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. Central Bureau Voor Schimmelcultures, Baarn Studies in Mycology No. 21:200-239.

Vidal, C. 2008. Microorganismos causantes de la descomposición de frutas y vegetales. <http://vdalmicrofrutas.blogspot.com/2008/08/microorganismos-causantes-de-la.html>. Revisado el 20 de enero de 2015.