

FUENTES DE RESISTENCIA EN FRIJOL A PATOTIPOS DE *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. PRESENTES EN OAXACA Y SAN LUIS POTOSÍ

BERTHA MARIA SÁNCHEZ GARCÍA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Grado de:

**Maestro En Ciencias
En Parasitología Agrícola**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIRECCIÓN DE POSTGRADO

FUENTES DE RESISTENCIA EN FRIJOL A PATOTIPOS DE *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. PRESENTES EN OAXACA Y SAN LUIS POTOSÍ

TESIS

POR

BERTHA MARÍA SÁNCHEZ GARCÍA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal: _____

Dr. Alberto Flores Olivas

Asesor: _____

Dr. Raúl Rodríguez Guerra

Asesor: _____

M. C. Abiel Sánchez Arizpe

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Postgrado

Buнавista, Saltillo, Coahuila, México., Mayo de 2008.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado valor, fuerza y ganas de superarme y alcanzar una meta más.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada durante la realización de mis estudios de postgrado.

Se agradece a SAGARPA-CONACYT (convenio 2004-C01-28) por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por darme la oportunidad de realizar un postgrado.

Al personal de la Dirección de Postgrado por el tiempo y apoyo concedido, gracias.

Al Departamento de Parasitología Agrícola y a las personas que ahí laboran por la atención brindada.

Agradezco al Dr. Alberto Flores Olivas, por darme la oportunidad de asesorar la realización de esta investigación y por el apoyo brindado hacia mi persona.

Con profundo agradecimiento al Dr. Raúl Rodríguez Guerra, por su amistad, consejos, ánimo para superarme profesionalmente y el apoyo en la realización del trabajo de investigación de tesis, así como la asesoría para la misma.

Al M.C. Abiel Sánchez Arizpe, por la disposición de ser parte del comité de asesores y el apoyo para realizar esta investigación.

A todos los maestros que contribuyeron en mi formación académica, gracias.

A Susana Pineda Rodríguez y Gabriela Jiménez López por el apoyo brindado en la realización de mi trabajo de investigación, muchas gracias.

DEDICATORIAS

A mi esposo Francisco, por estar a mi lado dándome apoyo incondicional, comprensión, confianza y amor para lograr este objetivo.

A mis padres Bertha y Roberto, por su cariño y apoyo incondicional, gracias.

A mis hermanos:

Roberto, Flor, Alberto, Yasmín, Heriberto y Fisher, por contar siempre con ustedes.

A mis suegros Carolina y Francisco. Gracias por su apoyo.

COMPENDIO

FUENTES DE RESISTENCIA EN FRIJOL A PATOTIPOS DE *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. PRESENTES EN OAXACA Y SAN LUIS POTOSÍ

POR

BERTHA MARIA SÁNCHEZ GARCÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS

PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO 2008.

Dr. Alberto Flores Olivas -Asesor-

Palabras clave: *Colletotrichum lindemuthianum*, diversidad patotípica, fuentes de resistencia.

Colletotrichum lindemuthianum, estado sexual (*Glomerella lindemuthiana*), agente causal de la antracnosis del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), esta enfermedad presenta una gran diversidad patogénica en todas las regiones productoras de frijol del mundo. A la fecha en México se han identificado 54 patotipos del hongo. La capacidad de infectar diferentes genotipos de frijol puede variar en las poblaciones del patógeno, debido al establecimiento de nuevas variedades de frijol que ejercen presión de selección sobre ellas. El conocer la variabilidad del patógeno permitirá a los programas de mejoramiento del frijol la búsqueda de resistencia contra los patotipos existentes en el país. La presente investigación se realizó con el objetivo de caracterizar la variabilidad patotípica de *C. lindemuthianum* presente en los estados de Oaxaca y San Luis Potosí e identificar fuentes de resistencia contra el patógeno, dicha investigación forma parte de un proyecto que incluye también la identificación patotípica de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Puebla. La identificación de patotipos se llevó a cabo utilizando un grupo 12 cultivares diferenciales de frijol y la identificación de fuentes de resistencia se basó en el uso de dos patotipos 64 y 320, que se presentaron en ambos estados. Se identificaron 12 patotipos a partir de 15 aislados obtenidos del estado de Oaxaca y cinco de ocho aislados de San Luis Potosí, siete de los cuales (69, 100, 260, 324, 325, 356 y 485) son reportados por primera vez en México. Los patotipos mas frecuentes en San Luis Potosí fueron el 256 y 320, mientras en Oaxaca fueron el 69, 320 y 325. Entre los 24 genotipos criollos de San Luis Potosí, 115 de Guanajuato y 55 variedades mejoradas de frijol, utilizados para la búsqueda de fuentes de resistencia a patotipos antes mencionados, se identificaron 12, 76 y 28 genotipos resistentes a ambas razas de *C. lindemuthianum*.

ABSTRACT

**SOURCES OF RESISTANCE IN COMMON BEAN TO PATHOTYPES OF
Colletotrichum lindemuthianum (Sacc. et Magn.) Scrib. PRESENTS IN OAXACA
AND SAN LUIS POTOSI**

BY

BERTHA MARIA SÁNCHEZ GARCIA

MASTER IN SCIENCES

AGRICULTURAL PARASITHOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO 2008.

Dr. Alberto Flores Olivas -Advisor-

Key words: *Colletotrichum lindemuthianum*, pathotypically diversity, sources of resistance.

Anthracnose of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), caused by the fungus *Colletotrichum lindemuthianum*, teleomorphic state (*Glomerella lindemuthiana*), this disease display large pathogenic diversity in all the regions were the crop is cultivated of the word. To the date in Mexico they have been identified 54 pathotypes. The capacity to infect different genotypes from kidney bean can vary in the populations of the pathogen, due to the establishment of new varieties of kidney bean that exert pressure of selection exceeds they.

Knowing the variability the pathogen will allow to the programs of improvement of the kidney bean the search of resistance against the existing pathotypes in the country. The present investigation I am realized with the objective of characterizing the pathotypically variability of *C. lindemuthianum* present in the states of Oaxaca and San Luis Potosi and identifying sources of resistance against the pathogen, this investigation comprises of a project that also includes the pathotypically identification of the states of Chihuahua, Durango, Zacatecas, Puebla. The identification of pathotypes was carried out using a group twelve you will cultivate kidney bean differentials and the identification of sources of resistance was based on the use of two pathotypes 64 and 320, which appeared in both states. 12 obtained pathotypes from fifteen isolate ones of the state of Oaxaca were identified and 5 of eight isolated of San Luis Potosi, seven of which (69, 100, 260, 324, 325, 356 and 485) they are reported for the first time in Mexico.

The more frequent pathotypes in San Luis Potosi were 256 and 320, while in Oaxaca they were the 69, 320 and 325. Between the 24 bean landrace genotypes of San Luis Potosi, 115 of Guanajuato and 55 improved varieties of kidney bean, used for the search

of sources of resistance to pathotypes before mentioned, 12, 76 and 28 were identified resistant genotypes to both races of *C. lindemuthianum*.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades del frijol.....	4
Origen.....	4
Uso.....	4
Importancia.....	5
Ambientes donde se cultiva.....	6
Requerimientos edafoclimáticos.....	7
Problemas fitosanitarios.....	8
Generalidades sobre <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>.....	9
Síntomas.....	11
Ciclo de la enfermedad.....	13
Variabilidad patogénica de <i>C. lindemuthianum</i>.....	14
Resistencia genética.....	19
Fuentes de resistencia contra la antracnosis.....	21
PATOTIPOS DE <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> EN OAXACA Y SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO, Y RESISTENCIA EN GENOTIPOS DE FRIJOL.....	23
CONCLUSIONES GENERALES.....	47
LITERATURA CITADA.....	48

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una especie que se encuentra ampliamente distribuida, debido a que esta leguminosa se siembra en zonas con climas que van del templado al tropical en distintos países del mundo. En México el cultivo de frijol asciende a casi 2 millones de hectáreas, constituyendo la segunda actividad agrícola más importante, después del maíz. Entre los estados del país que dedican mayor superficie a la producción de esta leguminosa se encuentra Chihuahua, Durango y Zacatecas; sin embargo en todos los estados se produce frijol, pero en menor proporción.

Diversos factores limitan y reducen la producción de frijol en el mundo, entre los que se encuentran las enfermedades ocasionadas por bacterias, nematodos, virus y hongos.

Entre las enfermedades mas importantes se encuentra la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.)Scrib., la cual afecta al frijol ocasionando pérdidas que van de un 38 a un 100 por ciento en el rendimiento del grano, en cultivares altamente susceptibles.

La antracnosis está ampliamente distribuida en el mundo y puede ser devastadora en variedades susceptibles cuando las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo del patógeno. En México, esta enfermedad está presente en todas las regiones

productoras de frijol, con excepción de la costa del pacífico donde el frijol se cultiva bajo condiciones de riego durante la época seca en el invierno.

Se han recomendado diferentes métodos para el control de la enfermedad; sin embargo, la mejor es el uso de variedades resistentes. Debido a la gran variación patogénica que presenta *C. lindemuthianum*, es necesario conocer la variación de patotipos o razas del hongo en las regiones para las cuales se desea generar variedades resistentes.

En México se han identificado 54 patotipos de *C. lindemuthianum*, sin embargo en algunos estados del país como San Luis Potosí y Oaxaca se desconocen los patotipos del hongo que ahí ocurren. En estados como Chihuahua, Durango y Zacatecas han ocurrido serios daños por antracnosis en 2003 y 2004, posiblemente a la aparición de nuevos patotipos o cambios en la frecuencia con que ocurren.

Actualmente existen genotipos de frijol resistentes a algunos patotipos de *C. lindemuthianum* presentes en México. Sin embargo, es importante contar con nuevas fuentes de resistencia que posean otras características de interés agronómico y comercial para que sean utilizadas en programas de mejoramiento del frijol.

Por lo anteriormente expuesto se hace necesario caracterizar patotípicamente las poblaciones de este hongo e identificar nuevas fuentes de resistencia para el desarrollo de variedades mejoradas con resistencia a la antracnosis y que cumplan con las necesidades de los productores y consumidores.

OBJETIVOS:

Objetivo general: Identificar fuentes de resistencia en frijol contra patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocurren en Oaxaca y San Luis Potosí, México.

Específicos:

1. Identificar patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocurren en los estados de Oaxaca y San Luis Potosí.
2. Identificar fuentes de resistencia en materiales criollos y mejorados de frijol contra patotipos del hongo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades sobre el frijol

Origen

Hallazgos arqueológicos y datos botánicos, han demostrado que el frijol silvestre se desarrolló en una gran variedad de ambientes, desde el norte de México hasta el noroeste de Argentina (Araya, 2003; Muñoz-Orozco *et al.*, 2005). El frijol se ha cultivado desde hace 7000-8000 años en los Valles de Tehuacán y Oaxaca, en México, en América Central, Perú, Ecuador, Argentina y Chile (Araya, 2003). En este periodo el frijol común ha evolucionado de una planta de crecimiento silvestre distribuida en sitios de altura media de Mesoamérica y zona Andina, a una leguminosa de grano muy importante en nuestros días, que se cultiva bajo una diversidad de ambientes y sistemas de producción en todo el mundo (Lépiz-Idelfonso, 1999).

Uso

El Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), (2005), menciona que la producción de frijol está orientada a satisfacer las necesidades de la población; el consumo de esta leguminosa ocupa un lugar importante dentro de la dieta del consumidor, por ser uno de los cultivos con mas proteína y por ser un alimento básico para personas de bajos ingresos tanto de la ciudad como del campo.

Se estima que aproximadamente el 90 por ciento % de la producción de frijol se destina al consumo humano, el 5 por ciento como semilla y el resto son mermas; del 90 por ciento destinado al consumo, 20 por ciento es para autoconsumo, 26 por ciento es empacado para su venta final, el 5 por ciento sufre algún proceso de transformación industrial, donde se obtienen harinas, frijoles cocidos, enlatados, deshidratados o combinados con otros productos y el 39 por ciento restante se destina al consumo directo final a través de comerciantes mayoristas (SIAP, 2005). Sin embargo, el frijol es afectado por factores bióticos y abióticos; entre los factores bióticos se pueden citar a las enfermedades e insectos plaga, los que llegan a causar grandes pérdidas en el cultivo.

Importancia

El frijol es uno de los granos básicos de suma importancia en la dieta de la población mexicana debido a sus cualidades nutritivas, diversidad de variedades y, distinguiéndose de otros, por el contenido de proteína.

Para México, el frijol es un producto estratégico en el desarrollo rural del país, debido a que conjuntamente con el maíz, representa toda una tradición productiva y de consumo, cumpliendo diversas funciones de carácter alimentario y socioeconómico que le han permitido trascender hasta la actualidad.

En las áreas dedicadas a la agricultura, el frijol ha tenido tradicionalmente una participación importante, ya que se ubica como el segundo cultivo de mayor superficie sembrada en México, solo detrás del maíz. El SIAP (2008), reportó que en el año 2007

se sembró una superficie de 1,570,154 ha de frijol de temporal, obteniendo una producción total de 1,013,233 Ton.

El cultivo del frijol en nuestro país juega un papel social y económico muy importante, ya que es un generador de empleo dentro de la economía del sector rural, se estima que genera un total de 78,316,105 jornales, en la etapa de producción agrícola, demandado 35 jornales por hectárea, lo que equivale a 382,029 empleos permanentes en el sector rural (Serrano, 2004). La demanda es generalizada e incluye diversas clases de frijol, con la excepción de las regiones del trópico húmedo y del pacífico norte donde la demanda por frijol negro de grano pequeño y opaco en la primera y por los frijoles tipo peruano en la segunda (Acosta-Gallegos y Pérez-Herrera, 2003; Serrano, 2004).

El 85 por ciento de la superficie sembrada con esta leguminosa se establece en el ciclo Primavera-Verano (PV), con condiciones principalmente de temporal, el cual se divide en semiárido del Norte-Centro y sub-húmedo del eje Neovolcánico o Centro de México. En el ciclo PV los principales estados productores son: Zacatecas, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí, Guanajuato y Puebla. En el ciclo Otoño-Invierno (OI) se siembra el 15 por ciento restante en las zonas bajas costeras del Golfo de México y del Océano Pacífico, localizándose principalmente en los estados de Sinaloa, Nayarit y Chiapas (Acosta-Gallegos y Pérez-Herrera, 2003).

Ambientes donde se cultiva

El cultivo del frijol se realiza en una gran diversidad de ambientes. Es cultivado en América Latina en regiones donde la temperatura promedio alcanza los 17.5 y 25 °C y la mayor parte de la producción se presenta en áreas con temperaturas medias de 21 °C durante la estación de crecimiento. El frijol común ha experimentado desde su evolución bajo domesticación, una amplia adaptación a temperaturas cálidas y días con fotoperíodos largos (Laing *et al.*, 1984).

Requerimientos edafoclimáticos

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto. El frijol es de clima húmedo y templado, dando las mejores producciones en climas cálidos. A continuación se mencionan algunas recomendaciones para su desarrollo (Secretaría de Desarrollo Rural de Puebla, 2007).

- **Temperatura:** Cuando la temperatura oscila entre 12-15°C el crecimiento es poco vigoroso y por debajo de 15°C la mayoría de los frutos quedan en forma de “ganchillo”. Por encima de los 30°C también aparecen deformaciones en las vainas y se produce el aborto de flores.
- **Humedad:** La humedad relativa óptima durante la primera fase de cultivo es del 60 por ciento al 65 por ciento, y posteriormente oscila entre el 65 por ciento y el 75 por ciento. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de

enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad.

- **Luminosidad:** El frijol es una planta de día corto, aunque en las condiciones de invernadero no le afecta la duración del día. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es la luminosidad, siempre que la humedad relativa sea adecuada.
- **Suelo:** Aunque se cultiva en una amplia gama de suelos, los más indicados son los suelos ligeros, de textura silíceo-limosa, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. En suelos fuertemente arcillosos y demasiado salinos crece deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos; de forma que un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo, quedando la planta de color amarillento y achaparrada. En suelos calizos las plantas se vuelven cloróticas y achaparradas. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6.0 y 7.5. Es una de las especies más sensibles a la salinidad, tanto del suelo como del agua de riego, sufriendo importantes mermas en la cosecha; aunque en suelo arenoso con valores de pH hasta de 8.5, se desarrolla bien.

Problemas fitosanitarios

El cultivo del frijol es afectado por diversas enfermedades, las que son responsables de numerosas pérdidas en la producción. Aunque algunas están ampliamente distribuidas debido a las prácticas de cultivo adecuadas, otras son más importantes en algunas regiones del país.

Las enfermedades que atacan a esta leguminosa son ocasionadas por hongos, bacterias y virus (Mesquita *et al.*, 1998). Las principales enfermedades que atacan al cultivo del frijol son: Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), Mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), Roya (*Uromyces appendiculatos*), Bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*), Mosaico común y Mosaico dorado. Uno de los principales problemas ocasionados por enfermedades de tipo fungoso es la antracnosis del frijol (Lépiz-Idelfonso, 1999).

Generalidades sobre *Colletotrichum lindemuthianum*

El agente causal de la antracnosis es *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Magn.) Scrib.; éste fue descrito originalmente por Saccardo & Magnus en 1878, como *Gloeosporium lindemuthianum*, en material colectado por Lindemuth, en Bonn, Alemania. Posteriormente, Scribner, verificó la presencia de setas y lo transfirió al género *Colletotrichum* (Damasceno, 2004).

El género *Colletotrichum* incluye 39 especies que se reproducen asexualmente, de las cuales ocho tienen un estado sexual en el género *Glomerella*, en los ascomicetos formadores de peritecios (Alexopoulos *et al.*, 1996). *Colletotrichum* incluye especies de importancia económica, ya que causan daños severos en la producción de plantas.

Una de las especies más importantes es *C. lindemuthianum*, agente causal de la antracnosis del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), la cual está ampliamente distribuida en todo el mundo y puede ser devastadora, provocando pérdidas que van de

un 38 por ciento a un 100 por ciento en variedades susceptibles cuando las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo del patógeno (Balardin *et al.*, 1997; del Río and Bradley, 2002; González-Chavira *et al.*, 2004). En México esta enfermedad está presente en todas las regiones productoras de frijol, con excepción de la costa pacífico donde el frijol se cultiva bajo condiciones de riego durante la época seca del invierno (González-Chavira *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2006).

Este patógeno ha sido propuesto como un organismo modelo para el análisis de interacción planta-patógeno, ya que es considerado un hongo hemibiotrofo (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2005).

Los hongos biotróficos obligados y algunos hemibiotróficos son caracterizados por la diferenciación del haustorio o hifa intracelular. Estas estructuras se desarrollan dentro de las células de las plantas después de la penetración de la pared celular, y se rodean por una membrana celular invaginada de la planta. El haustorio está determinado por ramificaciones de hifas intercelulares, intracelulares o epicuticulares (en cenicillas vellosas), que terminan dentro de las células del hospedero y a largo plazo son características generalmente de biotróficos obligados en relación entre plantas y hongos (Perfect and Green, 2001). Las hifas intracelulares tienden a ser estructuras de infección menos especializadas que el haustorio y en muchos casos no son determinados y pueden dispersarse de célula a célula, manteniendo una interacción biotrófica en células nuevamente infectadas. Los pasos iniciales de infección de *C. lindemuthianum* son muy similares entre las otras especies. Los conidios se adhieren a la superficie de las partes aéreas de la planta y germinan, los tubos germinativos crecen y se desarrollan como

micelio hasta formar un conidio secundario o un apresorio (estructura especializada de infección). El apresorio forma una clavija que penetra directamente la cutícula y la pared de la célula huésped que lleva a la colonización del hospedero, después de la penetración el ciclo de la infección se caracteriza por dos fases sucesivas: en la primera fase, durante tres o cuatro días el hongo crece biotróficamente en el interior de las células epidérmicas infectadas. Durante esta fase, denominada fase biotrófica, el hongo diferencia las hifas primarias y las vesículas de infección. La segunda fase, que corresponde a la aparición de los síntomas de la antracnosis entre seis y ocho días después de la inoculación. Durante esta fase, fase necrotófica, el hongo desarrolla hifas secundarias que crecen intracelularmente e intercelularmente y actúa como un típico patógeno necrotrófico. *Colletotrichum lindemuthianum* es clasificado como un hongo hemibiotrófico debido a estas dos fases durante el ciclo de infección (Diéguez-Uribeondo *et al.*, 2005; Dufresne *et al.*, 2000).

Síntomas

El patógeno ataca las partes aéreas de la planta. En etapas tempranas del desarrollo de la enfermedad las lesiones son pequeñas y se pueden observar en los pecíolos y las venas principales de las hojas por el envés; estas lesiones suelen ser de color café oscuro. En etapas más avanzadas de la enfermedad las lesiones también se observan por el haz de las hojas (Figura 1). Cuando el hongo infecta las vainas se producen usualmente pequeños canchales; en el centro de estos canchales existen masas de esporas que pueden ir del color salmón al naranja, y los bordes del canchale son definidos por un color café oscuro (del Río and Bradley, 2002).

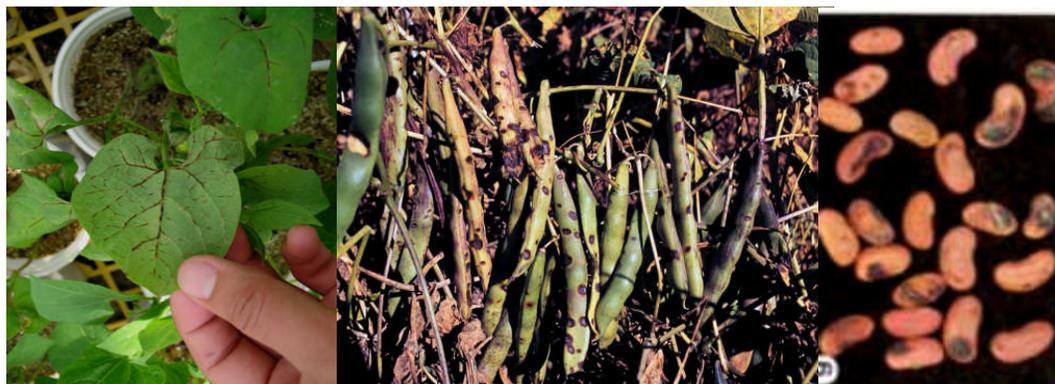


Figura 1. Daños ocasionados por *C. lindemuthianum*.

Cuando el hongo ataca las vainas en etapas tempranas de su desarrollo, puede penetrar e infectar la formación de las nuevas semillas. La semilla infectada podría estar arrugada, descolorida y tener canchales de color café oscuro o negro (Figura 1). Si las infecciones ocurren en etapas tardías del desarrollo de la semilla, la semilla infectada no presenta ningún síntoma, sin embargo cuando estas sean sembradas podrían desarrollarse plantas infectadas como fuente de inóculo para otras plantas.

Este hongo es casi exclusivamente patógeno del frijol. Los conidios son producidos en estructuras abiertas llamadas acervulos que están localizados en el centro de las lesiones. Los conidios son muy susceptibles a la deshidratación y pueden morir por la luz solar. Las esporas son protegidas por un material mucilaginoso que las cubre. El patógeno puede sobrevivir sobre residuos de plantas infectadas en el campo por uno o dos años, y hasta cinco años en semilla infectada que sea mantenida en una temperatura de 4.5°C (del Río and Bradley, 2002).

El estado sexual de *C. lindemuthianum* (*Glomerella lindemuthiana*) solo se ha observado bajo condiciones de laboratorio entre aislados que sean compatibles, y producen algunos peritecios fértiles con ascas y ascosporas. No existen reportes de la reproducción sexual de *C. lindemuthianum* bajo condiciones de campo (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2005).

Ciclo de la enfermedad

Este hongo se trasmite por semilla, la temperatura y humedad relativa baja aumenta la sobrevivencia de la enfermedad, mientras que la presencia de humedad relativa alta y temperaturas entre 13-26°C, favorecen el desarrollo de la enfermedad. La diseminación de los conidios puede ocurrir por salpicaduras de agua o por arrastre del viento dentro del cultivo, donde los conidios pueden producir nuevas áreas de infección en un lapso de 7 a 14 días si los cultivares son susceptibles y las condiciones del clima son las adecuadas para que se desarrolle la enfermedad. Los conidios también pueden ser dispersados por insectos, animales y el hombre. En condiciones favorables, un conidio germina rápidamente en 6-9 horas, donde la hifa primaria penetra la epidermis de la hoja provocando lesiones y al poco tiempo necrosa el tejido (Lépiz-Idelfonso, 1999). La epidemia puede presentarse en cualquier etapa del cultivo. Las esporas pueden germinar por la noche, donde existe producción de agua en las hojas por cambios de temperatura en la planta, las esporas germinadas siguen creciendo durante el día. Periodos cortos de temperaturas altas 29.5°C pueden detener el crecimiento del hongo, pero tan pronto como la temperatura descienda el hongo reinicia su crecimiento (del Río and Bradley, 2002).

Variabilidad patogénica de *C. lindemuthianum*

En (1911), Barrus descubre que existe variación patogénica en el hongo *C. lindemuthianum*. Él observó que cultivares de frijol se comportaban de forma diferente cuando se inoculaban con aislados de diferente procedencia, percibiendo una variación en el patógeno; este tipo de variación que se presenta en poblaciones de una especie fitopatógena es llamada raza patogénica, raza fisiológica o patotipo (Rodríguez, 1991).

A partir de estas observaciones se designaron las primeras razas de *C. lindemuthianum* identificadas como alfa y beta (Barrus, 1911 y 1918). Desde este descubrimiento, hasta 1990 distintos grupos de cultivares diferenciales fueron utilizados y los patotipos de *C. lindemuthianum* fueron designados con diferentes sistemas de nomenclatura en el mundo (Chaves, 1980). El uso de diferentes sistemas de denominación de patotipos produjo una gran confusión respecto a la dimensión de la variabilidad patogénica existente en el hongo. Con la finalidad de resolver estos problemas, varios investigadores señalaron la necesidad de uniformizar el grupo de variedades diferenciales y la forma de denominar los patotipos (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006). Menezes y Dianese (1988), presentaron una propuesta, donde sugerían el uso de 12 variedades diferenciales y la denominación de patotipos con nombres del alfabeto griego, sin embargo, este sistema no fue adoptado. Una segunda propuesta fue presentada en el Taller Latinoamericano de Antracnosis de Frijol en 1988, donde Pastor-Corrales publica en 1991 un sistema de denominación de patotipos que considera la reacción de susceptibilidad de doce cultivares diferenciales, el cual consta de nueve

variedades diferenciales de origen mesoamericano y tres de origen andino, y una gama de diferentes tipos de grano (Cuadro 1). El sistema binario propuesto por Pastor-Corrales (1991), fue inicialmente utilizado en México por Aceves (1991), López-N. *et al.* (1991), Pastrana (1991) y Rodríguez (1991) para la identificación de patotipos en los estados de Jalisco y Durango (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006).

En este sistema cada diferencial posee un valor de 2^n asignado (Cuadro1). Si un aislado es capaz de desarrollar la enfermedad en uno o mas de los cultivares, el aislado será denominado con la suma de los valores asignados de las variedades que fueron susceptibles al aislado probado, pero si un aislado es incapaz de establecer compatibilidad con los cultivares, este se designara como patotipo cero. Aunque esto no significa que el patotipo cero sea incapaz de infectar otros genotipos del hospedero y causarles la enfermedad.

Cuadro 1. Variedades de frijol utilizadas actualmente como diferenciales para la identificación de patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* (Pastor-Corrales, 1991).

No.	Variedad diferencial	Valor asignado	Origen
1	Michelite	$(2^0)=1$	Mesoamericano
2	Michigan Dark Red Kidney	$(2^1)=2$	Andino
3	Perry Marrow	$(2^2)=4$	Andino
4	Cornell 49242	$(2^3)=8$	Mesoamericano
5	Widusa	$(2^4)=16$	Mesoamericano
6	Kaboon	$(2^5)=32$	Andino
7	Mexico 222	$(2^6)=64$	Mesoamericano
8	PI 207262	$(2^7)=128$	Mesoamericano
9	To	$(2^8)=256$	Mesoamericano
10	Tu	$(2^9)=512$	Mesoamericano
11	AB 136	$(2^{10})=1024$	Mesoamericano
12	G 2333	$(2^{11})=2048$	Mesoamericano

Los primeros estudios relacionados a la diversidad patogénica de *C. lindemuthianum* en México fueron iniciados por Yerkes y Téliz (1956), quienes utilizaron un grupo de variedades diferenciales de los Estados Unidos en combinación con cinco variedades de origen mexicano.

A finales del siglo pasado 93 patotipos fueron reportados en el mundo (Hernández-Godínez *et al.*, 1998), de los cuales 41 ocurrían en México. Actualmente son más de 100 los patotipos reportados en el mundo y de éstos 54 están presentes en el país (Cuadro 2), (González-Chavira *et al.*, 2004; Rodríguez-Guerra *et al.* 2003; Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006). La mayoría de los patotipos ocurren en los centros de origen del frijol, siendo, Mesoamérica y los Andes (Balardin *et al.*, 1997; Hernández *et al.*, 1998 y Sicard *et al.*, 1997). México es uno de los países donde diferentes investigadores han reportado la gran diversidad patogénica de *C. lindemuthianum* (Balardin *et al.*, 1997; Sicard *et al.*, 1997; González *et al.*, 1998; González-Chavira *et al.*, 2004).

Cuadro 2. Reacción de susceptibilidad causada en 12 variedades diferenciales de frijol (*Phaseolus vulgaris*) por los patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* identificados en México.

No.	Patotipo	Variedades diferenciales*												N.V.**	No. de aislados	Fuente [§]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	0													0.0	30	1,2,4,7,9,12
2	2		S											8.3	4	8,12
3	3	S	S											16.6	1	6
4	7	S	S	S										25.0	1	8
5	8				S									8.3	1	9
6	9	S			S									16.6	3	5
7	64							S						8.3	8	4,7,14,15
8	65	S						S						16.6	5	5,16
9	72				S			S						16.6	2	7

10	73	S			S			S						25.0	4	5,8,10
11	128							S						8.3	2	7
12	129	S						S						16.6	1	5
13	192							S	S					16.6	10	4
14	193	S						S	S					25.0	1	8
15	209	S				S		S	S					33.3	1	8
16	256								S					8.3	36	2,3,4,7,8,9,14,15
17	257	S							S					16.6	3	7,8
18	264				S				S					16.6	17	7,9,11
19	265	S			S				S					25.0	1	16
20	292			S			S		S					25.0	1	12
21	300			S	S		S		S					33.3	1	7
22	320							S	S					16.6	19	7,8,9,14,15, 16
23	321	S						S	S					25.0	7	7,8,15, 16
24	328				S			S	S					25.0	5	7,12
25	357	S		S			S	S	S					41.6	3	8
26	384								S	S				16.6	11	1,4,9,12,15
27	385	S							S	S				25.0	5	1,5
28	392				S				S	S				25.0	8	1,9
29	448							S	S	S				25.0	62	2,5,8,9,11,12,14,15, 16
30	449	S						S	S	S				33.3	21	8,11,12, 16
31	451	S	S					S	S	S				41.6	2	16
32	452			S				S	S	S				33.3	1	16
33	453	S		S				S	S	S				41.6	2	8
34	457	S			S			S	S	S				41.6	4	8
35	465	S				S		S	S	S				41.6	1	8
36	467	S	S			S		S	S	S				50.0	3	11
37	469	S		S		S		S	S	S				50.0	1	8
38	484			S			S	S	S					33.3	1	16
39	833	S						S		S	S			33.3	1	8
40	1024										S			8.3	2	4,15
41	1025	S										S		16.6	1	13
42	1088							S				S		16.6	1	9
43	1165	S		S	S				S			S		41.6	1	8
44	1344							S		S		S		25.0	2	8,16
45	1431	S	S	S		S			S	S		S		58.3	1	8
46	1472							S	S	S		S		25.0	7	8,9,12,14,15
47	1473	S						S	S	S		S		41.6	6	5,6,16
48	1600							S			S	S		25.0	1	8
49	1869	S		S	S			S		S	S	S		58.3	1	13
50	3785	S			S			S	S		S	S	S	58.3	1	13
51	3993	S			S	S			S	S	S	S	S	66.6	1	13
52	3995	S	S		S	S			S	S	S	S	S	75.0	1	13
53	4027	S	S		S	S	S		S	S	S	S	S	83.3	1	13
54	4077	S		S	S		S	S	S	S	S	S	S	83.3	1	13
	TOTAL	31	8	12	17	8	6	30	26	33	8	15	5		318	
	I.R. [†]	42.59	85.18	77.77	68.51	85.18	88.88	44.44	51.85	38.88	85.18	72.22	90.74			

* 1= Michelite; 2= Michigan Dark Red Kidney; 3= Perry Marrow; 4= Cornell 49242; 5= Widusa; 6= Kaboon; 7= México 222; 8= PI207262; 9= To; 10= Tu; 11= AB136; 12= G2333.

** N.V.= Nivel de virulencia (No. de variedades susceptibles al patotipo en cuestión/No. total de variedades inoculadas) X 100.

§ La fuente corresponde a los siguientes autores: 1= Aceves (1991); 2= López-N. *et al.* (1991); 3= Pastrana (1991); 4= Rodríguez (1991); 5= Pastor-Corrales *et al.* (1994); 6= Pastor-Corrales *et al.* (1995); 7= Sicard *et al.* (1997); 8= Balardin *et al.* (1997); 9= González *et al.* (1998); 10= López-Salinas *et al.* (2000); 11= Rodríguez-Guerra *et al.* (2003); 12= González-Chavira *et al.* (2004); 13= Ramírez-Rueda *et al.* (2000); 14= Kelly (2000); 15= Estrada-Tirado *et al.*, 2005.16= Pineda, 2007.

† I.R.= Nivel de resistencia (No. de patotipos que no causan susceptibilidad a la variedad en cuestión/No. de patotipos inoculados sobre la variedad) X 100.

La mayoría de los patotipos identificados en México sólo son capaces de infectar y causar enfermedad sobre genotipos de origen mesoamericano. Lo anterior concuerda con lo propuesto de la coevolución de este patógeno con su hospedero (Araya, 2003). Lo que significa que las poblaciones del hongo presentes en regiones mesoamericanas infectarán principalmente genotipos de frijol del mismo origen y así lo harían los aislados de la región andina sobre los genotipos de ese origen.

Los 54 patotipos caracterizados reportados provienen de 13 estados del país (Chihuahua, Chiapas, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas); los estados donde se reporta el mayor número de patotipos son Jalisco y Puebla (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006; Pineda, 2007). Las razas que se han identificado con mayor frecuencia en el país son la 448, 256 y 0 (González-Chavira *et al.*, 2004; Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006), y junto con el patotipo 320, son los que están más ampliamente distribuidos ya que se han encontrado en la mayoría de los estados donde se han realizado investigaciones sobre la identificación de patotipos de *C. lindemuthianum* (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006). La distribución de patotipos ha llevado a considerar que existe una coevolución entre *C. lindemuthianum* y *P. vulgaris*, y que la mayor diversidad patogénica del hongo en México es explicada por la gran diversidad genética del hospedero (Pastor-Corrales, 1996).

Resistencia genética

A principios del siglo pasado, aparecieron los primeros estudios sobre la herencia de la resistencia a las enfermedades. La resistencia es definida como la capacidad de un organismo de vencer completamente o en algún grado el efecto de un patógeno (Agrios, 2005). La resistencia en el hospedero generalmente es dominante y los genes de resistencia con frecuencia ocurren como alelos múltiples, mientras que la virulencia en el patógeno, es generalmente recesiva y los genes de avirulencia son heredados independientemente (Flor, 1971). Van der Plank, en 1963, sugirió que existen dos tipos de resistencia: una controlada por genes mayores (resistencia vertical), y la otra por muchos genes menores (resistencia horizontal).

La resistencia horizontal, es controlada por varios genes menores, los cuales, individualmente tienen un pequeño efecto en la expresión de la resistencia y se manifiestan con cierto grado de resistencia no específica, diferente en todas las plantas. Estos genes, proporcionan resistencia a todas las razas del patógeno, y la resistencia es de nivel bajo a moderado, en comparación con la vertical. La resistencia vertical, está controlada por un gen o pocos genes mayores de resistencia, que se manifiesta en plántulas, y que le proporcionan a la planta resistencia a razas específicas del patógeno. Mientras que la resistencia vertical reduce la cantidad de inóculo infeccioso, la resistencia horizontal reduce la tasa de infección aparente. La mayor parte de las plantas cultivadas y sus progenitores silvestres, poseen algún grado de resistencia horizontal a patógenos endémicos en los centros de origen primario (Leppik, 1970).

La interacción entre *C. lindemuthianum* y *P. vulgaris* ha sido considerada a establecerse en la teoría de gen por gen, la cual considera que por cada gen de resistencia en la planta existe un gen de avirulencia en el patógeno (Flor, 1971). Esto implica que la resistencia del hospedero es conferida por uno o pocos genes mayores, y que la interacción con un gen complementario de avirulencia en el patógeno causa una interacción incompatible que evita que el patógeno sea capaz de infectar y desarrollar una enfermedad sobre el hospedero (Rodríguez, 1991). Dentro del grupo de variedades diferenciales de frijol, se han identificado nueve genes de resistencia, ocho dominantes y uno recesivo (González-Chavira *et al.*, 2004; Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006); Gonçalves-Vidigal *et al.*, (2007), reporta un nuevo gen de resistencia, por lo que actualmente se conocen 10 genes de resistencia.

La diferencial Michigan Dark Red Kidney posee el gen *Co-1* y los alelos *Co-1*², *Co-1*³ y *Co-1*⁵ se encuentran en las diferenciales Kaboon, Perry Marrow y Widusa. El gen *Co-2* se encuentra en Cornell 49242, el *Co-3* en México 222, *Co-4* y sus alelos *Co-4*² y *Co-4*³ en las diferenciales To, G 2333 y PI 207262. El gen *Co-5* se identificó en las diferenciales Tu y G 2333, el gen *Co-6* en AB 136, y el *Co-7* en G2333. El único gen recesivo *co-8*, identificado en la diferencial AB 136, el gen *Co-9* y su alelo *Co-9*³ están presentes en las diferenciales PI 207262 y Widusa. El gen *Co-10* y los alelos *Co-1*⁴ y *Co-9*² se identificaron en los genotipos Ouro Negro (Honduras 35), AND 277 y BAT 93, estos genotipos no forman parte del grupo de cultivares diferenciales (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006); y por último el gen *Co-11* en la cultivar Michelite (Gonçalves-Vidigal *et al.*, 2007).

Alzate *et al.*, (2002); Miklas y Kelly, (2002), mencionan que el uso de variedades diferenciales pueden permitir la incorporación de los genes de resistencia con los que cuentan a cultivares de interés comercial, y además la piramidación de estos genes pueden permitir su acumulación en cultivares particulares de frijol y conferir resistencia a un mayor número de patotipos del hongo.

La identificación y selección de genotipos de frijol resistentes a *C. lindemuthianum*, en México, se ha establecido principalmente en la reacción del germoplasma a poblaciones naturales del hongo, sin el conocimiento previo de los patotipos presentes en las áreas de selección y de esta manera se han liberado variedades comerciales que han tenido un alto impacto en la producción del frijol en México (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006).

Fuentes de resistencia contra la antracnosis

Para el combate de la antracnosis del frijol, se utilizan diversas estrategias, entre las que podemos citar, control cultural, químico y genético (Tu, 1988); pero la más utilizada y adecuada es el uso de variedades resistentes. Para ello se deben utilizar fuentes de resistencia efectivas contra los patotipos de *C. lindemuthianum* presentes en las regiones donde serán cultivados. Actualmente se cuenta con diversas fuentes de resistencia a *C. lindemuthianum* que han sido identificadas en el mundo (Pastor-Corrales *et al.*, 1995; Schwartz *et al.*, 1982); sin embargo, la ocurrencia de patotipos capaces de vencer la resistencia de la diferencial G 2333, fuente importante de resistencia a la mayoría de los patotipos, ya que posee al menos tres genes distintos de resistencia, ha

llevado a la búsqueda de nuevas fuentes en otras especies de *Phaseolus* (Mahuku *et al.*, 2002; Rodríguez-guerra *et al.*, 2006).

Rodríguez, (1991); Ruiz, (1998); González-Sánchez *et al.*, (2000); González-Chavira *et al.*, (2004), han realizados trabajos en México para definir fuentes de resistencia en frijol a patotipos específicos de *C. lindemuthianum*. Sin embargo, estos trabajos son pocos para ser México un centro de origen y diversificación del frijol. Entre las principales fuentes de resistencia identificadas en México se encuentran los genotipos Bayo Mecentral, G19428, Pinto Villa y el TLP 19, siendo todos de origen mesoamericano, a excepción del G19428. Estos genotipos fueron resistentes a cinco patotipos presentes en México; uno frecuente (patotipo 448), otro muy virulento (patotipo 1472), otro capaz de infectar diferenciales andinas y mesoamericanas (patotipo 292) otro que sólo infecta una diferencial de origen andino (patotipo 2) y un último el cual es incapaz de infectar alguna variedad diferencial, pero ha sido uno de los más frecuentes en México (patotipo 0), (González – Chavira *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se obtuvo un total de veintitrés aislados de *C. lindemuthianum* de los estados de Oaxaca y San Luis Potosí.
- Se identificaron cinco patotipos en el estado de San Luis Potosí, los cuales ya habían sido identificados en otros estados del país.
- Doce patotipos fueron identificados en el estado de Oaxaca, de los cuales 7 se reportan por primera vez en México. Seis de estos (69, 100, 260, 324, 325 y 356) causaron una reacción de susceptibilidad en diferenciales de origen mesoamericano y andino.
- Los patotipos 457 y 485 del estado de Oaxaca fueron los más virulentos, causando susceptibilidad a cinco y seis variedades diferenciales respectivamente, ubicándolos como los patotipos más virulentos del país.
- Los materiales criollos y mejorados de frijol que mostraron resistencia a los patotipos 64 y 320, representan una fuente de resistencia contra la antracnosis.
- Los genotipos resistentes a ambos patotipos pueden ser utilizados en los programas de mejoramiento genético del frijol.

LITERATURA CITADA

- Aceves R., J. J. 1991. Identificación de razas de *Colletotrichum lindemuthianum* en frijol en Jalisco con un nuevo juego de diferenciales y nomenclatura utilizada actualmente a nivel internacional. Memorias del XVIII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Puebla, México. p. 14.
- Acosta-Gallegos y Herrera P., P. 2003. Situación del cultivo de frijol común. Producción e investigación. Programa de frijol del INIFAP.
- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5th edition. Elsevier-Academic Press, San Diego, CA. 922 p.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., and Blackwell, M. 1996. Introductory mycology. John Wiley & Sons, Inc. New York. 869 p.
- Alzate M., A. L.; de Morais S., M.G. 2002. Inheritance of anthracnose resistance in common bean differential cultivar PI 207262. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 46:173-174.
- Araya, C. M. 2003. Coevolución de interacciones hospedante-patógeno en frijol común. Fitopatol. Bras. 28:221-228.
- Balardin, R. S.; Jarosz, A. M. and Kelly, J. D. 1997. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central, and North America. Phytopathology 87:1184-1191.
- Barrus, M. F. 1911. Variation of varieties of beans in their susceptibility to anthracnose. Phytopathology 3:51-56.

- Barrus, M. F. 1918. Varietal susceptibility of beans to strains of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) B. & C. *Phytopathology*. 3:51-56.
- Chaves, G. 1980. La antracnosis. En: H.F. Schwartz y G.E. Gálvez (eds.). Problemas de producción del frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia.37-53,424 p.
- Damasceno, S. K. J. 2004. Distribuição e caracterização de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* no Brasil. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas. Universidad Federal de Lavras. Minas, Gerais, Brasil. 79p.
- Del Río, L and Bradley, C. 2002. Anthracnose of dry beans. NDSU, University Fargo.
- Flor, H. H. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. *Ann. Rev. Phytopathol.* 9:275-296.
- Diéguez-Uribeondo, J., Förster, H., Soto-Estrada, A., and Adaskaveg, J. E. 2005. Subcuticular-Intracellular Hemibiotrophic and Intercellular Necrotrophic Development of *Colletotrichum acutatum* on Almond. *Phytopathology*. 95:751-758.
- Dufresne, M., Perfect, S., Pellier, A.L., Bailey, J.A., and Langin, T. 2000. A GAL4-like protein is involved in the Switch between Biotrophic and Necrotrophic phases of the infection process of *Colletotrichum lindemuthianum* on Common Bean. *The Plant Cell*. 12:1579-1589.
- Flor, H. H. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. *Ann. Rev. of Phytopathol.* 9:275-296.
- Gonçalves-Vidigal, M. C., da Silva, C. R., Vidigal, F. P. S., Gonela, A. and Kvitscha, M. V. 2007. Allelic relationships of anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*)

resistance in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Michelite and the proposal of a new anthracnose resistance gene, *Co-11*. *Genetics and Molecular Biology* 30(3):589-593.

González, M., R. Rodríguez, M.E. Zavala, J.L. Jacobo, F. Hernández, J. Acosta, O. Martínez, and J. Simpson. 1998. Characterization of Mexican isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* by using differential cultivars and molecular markers. *Phytopathology* 88:292-299.

González-Chavira, M., R. Rodríguez Guerra, F. Hernández-Godínez, J.A. Acosta-Gallegos, O. Martínez de la Vega, and J. Simpson. 2004. Analysis of pathotypes of *Colletotrichum lindemuthianum* found in the central region of Mexico and resistance in elite germ plasm of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Disease* 88:152-156.

González-Sánchez, F. del A., G.A. Frías-Treviño, A. García-Salinas, y A. Flores-Olivas. 2000. Resistencia de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a razas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. y Magn.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 18:87-91.

Hernández-Godínez, F., González-Chavira, M., Rodríguez-Guerra, R., Acosta-Gallegos, J. y Simpson, J. 1998. La variación patogénica de *Colletotrichum lindemuthianum* y su importancia en los programas de mejoramiento genético del frijol. *Revista Mexicana de Fitopatología* 16(S1):63.

Kelly, J. D. 2000. Anthracnose races present on both wild and cultivated *Phaseolus vulgaris* in Mexico. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 43:184-185.

Laing, D., Jones, P., and Davis J. 1984. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) pp 305-351. In Goldsworthy, P. and Fisher, N. (Ed.). *The physiology of tropical field crops*. New York.

- Lépiz-Ildefonso, R. 1999. La contribución de la fitopatología al mejoramiento de los cultivos agrícolas. El Caso Frijol. *Revista Mexicana de Fitopatología* 17(1):54-72.
- Leppik, E. E. 1970. Gene centers of plants as source of disease resistance. *Ann. Rev. of Phytopathol.* 8:323-344.
- López-N., G., Rodríguez-G., R. y Pastrana-L., G.G. 1991. Identificación de razas patogénicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. en el estado de Durango mediante la inoculación de hojas desprendidas de doce variedades diferenciales. XVIII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Puebla, México. Resumen, p.13.
- López-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J.A., Awale, H.E. and Kelly, J.D. 2000. An unusual outbreak of anthracnose in the lowlands of Veracruz, Mexico. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 43:182-183.
- Mahuku, G.S., C.E. Jara, C. Cajiao, and S. Beebe. 2002. Sources of resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in the secondary gene pool of *Phaseolus vulgaris* and crosses of primary and secondary gene pools. *Plant Disease* 86:1383-1387.
- Menezes, J.R. and Dianese, J.C. 1988. Race characterization of Brazilian isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* and detection of resistance to anthracnose in *Phaseolus vulgaris*. *Phytopathology* 78:650-655.
- Mesquita, A. G. G., Paula, T. J., Moreira, M. A. and de Barros, E.G. 1998. Identification of races of *Colletotrichum lindemuthianum* with the aid of PCR-Based molecular markers. *Plant Disease*. 82(10):1084-1087
- Miklas, P. N. and Kelly, J. D. 2002. The use of MAS to develop pinto bean germplasm possessing Co-4² gene for anthracnose resistance. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 45:68-69.

- Muñoz-Orozco, A., Miranda-Colin, S., y Serrano-Covarrubias, L. M. 2005. Diversidad genética y resistencia a factores adversos en frijol. *Diversidad Genética y de Patología del frijol*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 141 p.
- Pastor-Corrales, M. A. 1991. Estandarización de variedades diferenciales y designación de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*. (Abstr.) *Phytopathology* 81:694.
- Pastor-Corrales, M.A., Erazo, O.A., Estrada, E.I. and Singh, S.P. 1994. Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G 2333. *Plant Disease* 78:959-962.
- Pastor-Corrales, M.A., Otoyá, M.M. Molina, A. and Singh, S.P. 1995. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. *Plant Disease* 79:63-67.
- Pastor-Corrales, M.A. 1996. Tradicional and molecular confirmation of the coevolution of beans and pathogens in Latin America. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 39:46-47.
- Pastrana L., G.G. 1991. Comparación de dos métodos de inoculación de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. e identificación de razas patogénicas utilizando doce variedades diferenciales de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 38 p.
- Perfect, S.E., and Green, J.R. 2001. Infection structures of biotrophic and hemibiotrophic fungal plant pathogens. *Molecular Plant Pathology*. 2(2):101-108.

- Pineda R., S. 2007. Caracterización patogénica de *Glomerella lindemuthiana* y fuentes de resistencia en frijol contra el patógeno. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Celaya. Celaya, México. 55p.
- Rámirez-Rueda, M.T., Cabral-Enciso, M., Rodríguez-Guerra, R., Acosta-Gallegos, J.A. y Simpson, J. 2000. Variación patogénica de *Colletotrichum lindemuthianum* en el estado de Chiapas, México. XXVII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Resumen, L-9.
- Rodríguez G., R. 1991. Identificación de razas patogénicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. en el estado de Durango mediante un sistema propuesto internacionalmente y respuesta de genotipos de frijol tolerantes a sequía a razas del patógeno. Tesis de Maestría en Ciencias. Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Coahuila, México. 51p.
- Rodríguez-Guerra, R., M-T. Ramírez-Rueda, O. Martínez de la Vega, and J. Simpson. 2003. Variation in genotype, pathotype and anastomosis groups of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Mexico. *Plant Pathology* 52:228-235.
- Rodríguez-Guerra, R., Ramírez-Rueda, M.T., Cabral-Enciso, M., García-Serrano, M., Lira-Maldonado, Z., Guevara-González, R.G., González-Chavira, M., and Simpson, J. 2005. Heterothallic mating observed between Mexican isolates of *Glomerella lindemuthiana*. *Mycologia* 97(4):793-803.
- Rodríguez-Guerra, R., Acosta-Gallegos, J. A., González-Chavira, M. M., Simpson, J. 2006. Patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* y su implicación en la generación de cultivares resistentes de frijol. *Agricultura Técnica en México* 32(1):99-112.

- Ruiz, J.D. 1998. Nuevas fuentes de resistencia a *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. y Magn.) Briosi y Cav. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 75p.
- Schwartz, H.F., M.A. Pastor-Corrales, and S.P. Singh. 1982. New sources of resistance to anthracnose and angular leaf spot of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 31:741-754.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Puebla. 2007. Manual de producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del estado de Puebla. 40p.
- Serrano, C., L. M. 2004. Análisis del caso frijol. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2005; 2008. <http://www.siap.gob.mx/>
- Sicard, D., Y. Michalakis, M. Dron, and C. Neema. 1997. Genetic diversity and pathogenic variation of *Colletotrichum lindemuthianum* in three centers of diversity of its host, *Phaseolus vulgaris*. *Phytopathology* 87:807-813.
- Tu, J.C. 1988. Control of bean anthracnose caused by the delta and lambda races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Canada. *Plant Disease* 72:5-8.
- Yerkes, W.D., Jr., and Teliz O., M. 1956. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Mexico. *Phytopathology* 46:564-567.