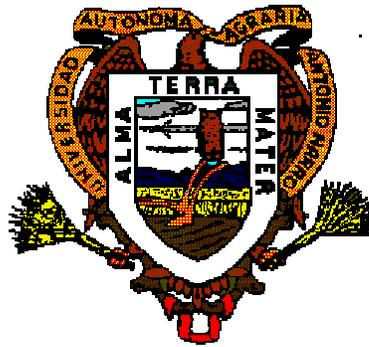


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ ANTONIO NARRO ”

DIVISION DE AGRONOMIA



**Selección de Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Resistentes a Tizón
Temprano (*Alternaria solani*) Mediante el Método de Filtrado Tóxico.**

Por:

JOSE RODRIGO RAMIREZ SAGAHON.

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO PARASITOLOGO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,

Mayo, 200

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

**Selección de Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Resistentes a Tizón
Temprano (*Alternaria solani*) Mediante el Método de Filtrado Tóxico.**

Por:

JOSE RODRIGO RAMIREZ SAGAHON

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial

para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO PARASITOLOGO

Aprobada por:

ING. M.C. LETICIA ESCOBEDO BOCARDO
Presidente del jurado

ING.MC. RICARDO REQUEJO LOPEZ

Sinodal

BIOL.MC. FRANCISCA RAMIREZ GODINA

Sinodal

ING. M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO
Coordinador de la División de Agronomía

INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	v
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS PARTICULARES.....	3
HIPOTESIS.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
ORIGEN Y DISTRIBUCION DE LA PLANTA <i>solanum Tuberosum</i>.....	4
DESCRIPCION DE LA PLANTA <i>solanum tuberosum</i>.....	5
ANTECEDENTES Y DISTRIBUCION DE <i>Alternaria solani</i>.....	6
DESCRIPCION DEL PATOGENO <i>Alternaria solani</i>.....	8
UBICACION TAXONOMICA DEL GENERO.....	8
SINTOMAS DE LA ENFERMEDAD.....	8
CICLO DE LA ENFERMEDAD.....	9
ETIOLOGIA.....	10
CONDICIONES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD.....	11
HUMEDAD.....	11
TEMPERATURA.....	11
LUZ.....	12
ESTRES.....	12
FENOLOGIA.....	12
GENERALIDADES SOBRE LAS TOXINAS.....	13
MECANISMO DE ACCION DE LAS TOXINAS...	13
CLASIFICACION DE LAS TOXINAS.....	14
TOXINAS ESPECIFICAS DEL HOSPEDERO EN EL GENERO <i>Alternaria</i>.....	16
TOXINAS NO ESPECIFICAS DEL HOSPEDERO EN EL GENERO <i>Alternaria</i>.....	17
TOXINAS NO ESPECIFICAS DEL HOSPEDERO PRODUCIDAS POR <i>Alternaria solani</i>.....	18
RESISTENCIA GENETICA DE LA PAPA A <i>Alternaria solani</i>.....	18
EVALUCION DE RESISTENCIA UTILIZANDO EL	

FILTRADO TOXICO DE <i>Alternaria solani</i>.....	19
MATERIALES Y METODOS.....	20
UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	20
COLECTA DEL MATERIAL VEGETAL ENFERMO.....	20
AISLAMIENTO DEL HONGO.....	21
PREPARACION DEL FILTRADO TOXICO.....	21
OBTENCION DEL MATERIAL VEGETAL.....	23
EVALUACION DE RESISTENCIA.....	23
RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
PRIMERA EVALUACION DE RESISTENCIA.....	25
SEGUNDA EVALUACION DE RESISTENCIA.....	35
CONCLUSIONES.....	46
RESUMEN.....	47
LITERATURA CITADA.....	48

INDICE DE CUADROS

No. Cuadro		No. pag.
3.1	COMPOSICION DEL MEDIO NUTRITIVO PARA LA PRODUCCION DE FILTRADO TOXICO (MAIERO ET. AL., 1991).....	23
4.1	ANALISIS DE VARIANZA PARA SEVERIDAD DE DAÑO CAUSADO POR EL FILTRADO TOXICO DE HONGO <i>Alternaria solani</i> SOBRE FOLIOLOS DE PAPA AL PRIMER MES DE DESARROLLO DE LA PLANTA. UAAAN 2000.....	26
4.2	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO CAUSADO POR FILTRADO TOXICO DE <i>A. solani</i> SOBRE FOLIOLOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE PAPA. UAAAN 2000.....	27
4.3	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO CAUSADO POR DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FILTRADO TOXICO DE <i>A. solani</i> SOBRE FOLIOLOS DE PAPA. UAAAN 2000.....	27
4.4	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO CAUSADO POR TRES CEPAS DEL HONGO <i>A. solani</i> SOBRE FOLIOLOS DE PAPA. UAAAN 2000.....	28
4.5	PRUEBA DE DUNCAN SOBRE MEDIAS DE SEVERIDAD DE DAÑO EN DIFERENTES GENOTIPOS DE PAPA A LOS QUE SE LES APLICARON DOS CONCENTRACIONES DE FILTRADO TOXICO DE <i>A. solani</i> . UAAAN 2000.....	29
4.6	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO EN FOLIOLOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE PAPA A LOS QUE SE LES APLICO FILTRADO TOXICO PROCEDENTE DE TRES CEPAS DEL HONGO <i>A. solani</i> . UAAAN 2000.....	30

4.7	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A LA SEVERIDAD DE DAÑO SOBRE FOLIOLOS DE PAPA CUSADO AL APLICAR DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FILTRADO TOXICO PROCEDENTES DE TRES CEPAS DEL HONGO <i>A. solani</i> . UAAAN 2000.....	31
4.8	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO SOBRE GENOTIPOS DE PAPA AL APLICARLES DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FILTRADO TOXICO PROCEDENTES DE TRES CEPAS DEL HONGO <i>A. solani</i> UAAAN 2000.....	33
4.9	RESISTENCIA DE GENOTIPOS DE PAPA AL FILTRADO TOXICO DE <i>A. solani</i> A CONCENTRACIONES DE 0, 50 Y 100 % AL PRIMER MES DE DESARROLLO DE PLANTA. UAAAN 2000.....	35
4.10	ANALISIS DE VARIANZA PARA SEVERIDAD DE DAÑO CAUSADO POR FILTRADO TOXICO DEL HONGO <i>A. solani</i> SOBRE FOLIOLOS DE PAPA, AL SEGUNDO MES DE DESARROLLO DE LA PLANTA. UAAAN 2000.....	36
4.11	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO CAUSADO POR FILTRADO TOXICO DE <i>A. solani</i> SOBRE FOLIOLOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE PAPA. UAAAN 2000.....	37
4.12	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO CAUSADO POR DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FILTRADO TOXICO DE <i>A. solani</i> SOBRE FOLIOLOS DE PAPA. UAAAN 2000.....	37
4.13	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO CAUSADO POR TRES CEPAS DEL HONGO <i>A. solani</i> SOBRE FOLIOLOS DE PAPA. UAAAN 2000.....	38
4.14	PRUEBA DE DUNCAN PARA MEDIAS DE SEVERIDAD DE DAÑO EN DIFERENTES GENOTIPOS DE PAPA A LOS QUE SE LES APLICARON DOS CONCENTRACIONES DE FILTRADO TOXICO DE <i>A. solani</i> . UAAAN 2000.....	39
4.15	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS	

	CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO EN FOLIOLOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE PAPA A LOS QUE SE LES APLICÓ FILTRADO TÓXICO PROCEDENTE DE TRES CEPAS DEL HONGO <i>A. solani</i>. UAAAN 2000.....	40
4.16	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A LA SEVERIDAD DE DAÑO SOBRE FOLIOLOS DE PAPA CUSADO AL APLICAR DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FILTRADO TÓXICO PROCEDENTES DE TRES CEPAS DEL HONGO <i>A. solani</i>. UAAAN 2000.....	41
4.17	PRUEBA DE DUNCAN PARA VALORES DE MEDIAS CORRESPONDIENTES A SEVERIDAD DE DAÑO SOBRE GENOTIPOS DE PAPA AL APLICARLES DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FILTRADO TÓXICO PROCEDENTES DE TRES CEPAS DEL HONGO <i>A. solani</i> UAAAN 2000.....	42
4.18	RESISTENCIA DE GENOTIPOS DE PAPA AL FILTRADO TÓXICO DE <i>A. solani</i> A CONCENTRACIONES DE 0, 50 Y 100% AL PRIMER MES DE DESARROLLO DE PLANTA. UAAAN 2000.....	44

RESUMEN.

La selección de variedades resistentes a enfermedades que se realizan en laboratorio e invernadero constituyen una alternativa a los métodos convencionales, en donde la evaluación y selección del material suele ser complicada si es a nivel de campo, ya que en muchas ocasiones se tropieza con problemas climatológicos, la no presencia del patógeno, así como la disponibilidad de tiempo, espacio y recursos económicos, por lo anterior el objetivo de esta investigación fue de evaluar la resistencia de los genotipos de papa *Solanum tuberosum* ALPHA,CEW, GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL al hongo *Alternaria solani*, utilizando para ello filtrado tóxico a concentraciones de 0, 50 y 100% procedente de tres aislamientos del hongo *A. solani*. Se sembraron plantas de papa en el invernadero de la cuales se seleccionaron las hojas de la parte apical de la planta, se trasladaron al laboratorio y se procedió a sumergir los folíolos en 7 ml. de filtrado tóxico del hongo *A. solani*. Se realizaron dos evaluaciones para poder diferenciar genotipos resistentes o susceptibles en las fases: a uno y dos meses de desarrollo de la planta. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: En la primera evaluación las cepas CLI, CJA y CSA del hongo *A. solani* se comportaron igual respecto a su agresividad patogénica; a una concentración de 50% de filtrado tóxico NORTEÑA y MONDIAL mostraron resistencia; ALPHA, CEW y GIGANT fueron medianamente resistentes y a una concentración de 100% de filtrado tóxico los genotipos: CEW,

GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL fueron medianamente resistentes mientras que el genotipo ALPHA se comportó como medianamente susceptible. En la segunda evaluación una de las cepas, la CLI se mostró más agresiva que las cepas CJA y CSA. A 50% de concentración sólo el genotipo CEW fue resistente, mientras que ALPHA, NORTEÑA y MONDIAL se comportaron como medianamente resistentes y el genotipo GIGANT como medianamente susceptible, y a una concentración de 100% del filtrado tóxico el genotipo CEW fue medianamente resistente y ALPHA, GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL medianamente susceptible.

INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerada uno de los alimentos más importantes del mundo, ocupando el cuarto lugar, sólo después del arroz, maíz y el trigo SARH (1994). Produce una gran cantidad de alimento por unidad de superficie y por consiguiente ocupa el primer lugar en producción de calorías diarias por hectárea. El segundo lugar después de la soya en producción de proteínas por hectárea; conteniendo además dos aminoácidos muy importantes en la dieta humana y animal que es la lisina y el triptofano (Pérez et. al., 1997).

México es uno de los países en el mundo que durante todo el año dispone de tubérculos frescos, para el consumo humano y para la siembra; gracias a la diversidad de épocas de siembra y de cosecha, esto debido a la variedad de condiciones climatológicas de su territorio (Romero, 1992).

Su importancia es atribuida a que el cultivo se ha extendido a regiones temporaleras, donde no hay un control total de plagas y enfermedades, teniendo aún así buenos rendimientos, superando con ello los beneficios que se podrían obtener al sembrar cualquier otro cultivo regional (Romero, 1992).

En la actualidad en México se siembran alrededor de 63,500 hectáreas, con una producción total de 1,282,000 toneladas. Los principales estados productores son: Sinaloa, Estado de México, Puebla, Guanajuato y Nuevo León, además de otros estados que contribuyen en menor escala a esta producción (ASERCA, 1998).

En la región papera de Coahuila y Nuevo León, se siembran de 4000 a 6000 hectáreas con un promedio de rendimiento de 30 toneladas por hectárea; se considera

que la región antes mencionada es la más tecnificada del país para la producción de este cultivo, y la que más inversión requiere por unidad de superficie (Hernández, 1997).

Una limitante fuerte para la producción de papa en el estado de Coahuila son las enfermedades llamadas tizón temprano y tardío causadas por los hongos *Alternaria solani* y *Phytophthora infestans* respectivamente, responsables hasta de un 100 por ciento de daño. Para el control de estas enfermedades es necesario un alto número de aplicaciones de fungicidas, lo que eleva enormemente los costos de producción así como la inducción de resistencia del patógeno a los fungicidas y la contaminación al medio ambiente.

Una de las soluciones para este problema es el uso de nuevas variedades comerciales con resistencia genética, lo cual reduciría los costos de producción al evitar o reducir las aplicaciones de fungicidas.

Para poder realizar con éxito la localización de plantas resistentes al hongo tenemos que inducir al organismo causal a producir los síntomas que permitan distinguir los genotipos resistentes de los genotipos susceptibles, la evaluación y selección del material suele ser complicada si es a nivel de campo, ya que en muchas ocasiones se tropieza con problemas climatológicos, la no presencia del patógeno, así como la disponibilidad de tiempo, espacio y recursos económicos; lo cual ha hecho que se busquen metodologías que se puedan establecer en el invernadero y laboratorio para la evaluación de resistencia, una de estas alternativas es la utilización del filtrado tóxico producido por el patógeno el cual aplicado a las plantas permite que se expresen los síntomas propios de la enfermedad, por lo anterior los objetivos del presente estudio son:

Objetivo general

Evaluar la resistencia de diferentes genotipos de papa *Solanum tuberosum* al hongo *Alternaria solani*, mediante el método de filtrado tóxico en dos fases de desarrollo de la planta.

Objetivos particulares

- a) Colectar y aislar tres cepas del hongo *A. Solani*.
- b) Preparar filtrado tóxico de las tres cepas del hongo *A. Solani*.
- c) Evaluar la resistencia de genotipos de papa para determinar el daño que ocasiona el filtrado tóxico a diferentes concentraciones procedentes de las tres cepas del hongo *A. Solani*.

Hipótesis

- a) El uso del filtrado tóxico procedente de *A. solani* en plantas de papa nos permite seleccionar genotipos resistentes a tizón temprano.

- b) Las diferentes concentraciones de filtrado tóxico nos permiten observar los daños ocasionados por el filtrado tóxico de *A. solani*, en plantas de papa.

REVISION DE LITERATURA.

Origen y Distribución de la Planta (*Solanum tuberosum* L.)

De Candolle (1882), citado por el Centro Internacional de la Papa (1991), inicialmente identificó las zonas donde se originaron las plantas cultivadas de papa, él no continuó con su investigación, fue el genetista ruso Vavilov (1926), quien demostró que en el mundo la diversidad de las plantas cultivadas de papa no esta distribuida uniformemente, se encuentra concentrada en ciertas áreas, generalmente montañosas, de las zonas tropicales.

El mismo Vavilov denominó dichas áreas “Centros de origen de las plantas cultivadas de papa” por lo que según su criterio la gran diversidad era una indicación de orígenes muy antiguos, señala: “De acuerdo con los datos de que disponemos hasta el momento en el nuevo mundo, Perú y México, junto con los países montañosos vecinos, se deben considerar como los núcleos de la agricultura primitiva y por lo tanto como los centros de origen de las especies de papa”.

Vavilov (1951), definió varios centros de origen de papa (*Solanum tuberosum* L.) entre ellos el Nuevo Mundo, por los datos existentes, México, Perú, Bolivia y Ecuador, mientras que Fersini (1986) dice que la papa es originaria de las altiplanicies del Perú, Bolivia, Guatemala, Chile y las regiones meridionales de Norteamérica encontrándose en distintas especies.

De acuerdo con la SEP (1991), el origen geográfico de la papa esta ubicado en las cordilleras de Los Andes del Perú, desde este lugar ha sido llevada a casi todos los países del mundo.

Engel (1970) citado por el CIP (1991), encontró las muestras más antiguas de la papa cultivada que hasta hoy se conocen, menciona que tales muestras datan de alrededor de 8000 años a.C. y fueron encontradas en el cañón del Chilca, a pocos kilómetros del sur de Lima.

Uget (1980) citado por el CIP (1991) encontró muestras arqueológicas de papas cultivadas en varios sitios de la costa peruana siendo la más antigua la de la Pampa de las Llamas, en el valle de Casma, que datan de alrededor de unos 1500 a 2000 años a.C.

La SEP (1991) menciona que la papa fue introducida a Europa por los españoles hacia el siglo XVI durante las conquistas americanas. Valadez (1998) indica que los españoles llevaron la papa a Europa en el año de 1537.

La mayoría de las variedades de papa que existen derivan de *Solanum tuberosum* subespecie *andígena* aunque las variedades más cultivadas pertenecen a la subespecie *tuberosum*.

En Europa y Norteamérica, partiendo de una introducción limitada de material, se desarrolló la subespecie *tuberosum*, mientras que en las regiones andinas de Sudamérica la subespecie que se cultiva es la *andígena* (Alonso, 1996).

Descripción de la Planta *Solanum tuberosum*.

La papa es una planta anual, autógama, de tipo herbáceo arbustivo, que alcanza una altura de 40 a 80 centímetros; los cultivares comerciales son tetraploídes con un número cromosómico de $4n = 48$ ($n=12$) (Valadez, 1998).

Raíz.- Las plantas provenientes de semilla botánica poseen una raíz principal delgada, la cual se transforma a fibrosa, mientras que las plantas provenientes de

tubérculos usados como semillas vegetativas tienen un sistema fibroso de raíces laterales, que emergen generalmente en grupos de tres, a partir de los nudos de tallos subterráneos.

Tallos.- Son angulares, generalmente verdes, aunque pueden ser de color púrpuro; son herbáceos aun cuando en etapas avanzadas de desarrollo la parte inferior puede ser relativamente leñosa.

Hojas.- Las hojas adultas son compuestas, pero las hojas primarias de plántulas, así como las primeras hojas provenientes del tubérculo, pueden ser simples. Las hojas están provistas de pubescencia de diversos tipos encontrándose presente en las demás partes aéreas de la planta.

Tubérculos.- Tanto los tubérculos como los estolones son tallos laterales modificados. Las raíces y estolones se desarrollan a partir del tallo subterráneo, entre el tubérculo semilla y la superficie del suelo; por lo tanto la unidad de propagación vegetativa debe ser plantada a tal profundidad que le permita una adecuada formación de raíces y estolones.

Flores.- La inflorescencia de la papa es de tipo cima, compuesta de terminal con pedúnculos largos. La flor es completa y los cinco pétalos se fusionan formando un tubo floral.

Fruto.- Los frutos maduros son de forma redonda a oval (de 1 a 3 cm. o más de diámetro), de color verde amarillento o castaño - rojizo a violeta. Tiene dos lóculos, con 200 a 300 semillas, pero debido a los factores de esterilidad pueden formarse frutos sin semilla.

Antecedentes y Distribución de *Alternaria solani*.

En la República Mexicana se ha reportado la presencia de *A. solani* en Morelos, Sinaloa, Michoacán, Guanajuato, Estado de México, Coahuila, Nuevo León y otras pequeñas áreas donde se cultiva esta solanácea, ocasionando tizones en hojas y pudriciones de frutos, afecta también pecíolos, flores y tubérculos de papa (Mendoza, 1996).

De La Garza (1996) Menciona que *Aternaria solani* ataca principalmente papa, tomate y berenjena. En Sinaloa causa daños durante el desarrollo del tomate y es la principal enfermedad del cultivo. Lo mismo sucede en papa ubicada en la región de Saltillo, en Navidad y partes bajas en la región de Nuevo León.

El tizón temprano fue descrito por primera vez por Ellis y Martín, en 1882, quienes lo aislaron de hojas de papa recogidas en Nueva Jersey. La identificación de esta enfermedad, diferenciándola de otras enfermedades del follaje se inició hacia 1891. El trabajo más exacto sobre la identificación de *A.solani* lo realizó Jones entre 1891 y 1903 en Vermont. Rands fue el primero en comprobar que la enfermedad de hojas y tallos tanto de papa como de tomate eran provocadas por el mismo patógeno. La podédumbre del tubérculo pasó inadvertida hasta 1925, en que fue descrita por Folson y Bonde (Walker, 1973)

En algunos países la enfermedad es severa pero usualmente no llega a proporciones epizooticas y es generalmente considerada como una enfermedad de tejidos senescentes, sin embargo severas infecciones tempranas ocurren normalmente en países como Brasil, Uruguay, Islas del Caribe, India y otros.

Con la expansión del cultivo y el incremento de sistemas de irrigación por aspersión ha aumentado la severidad de la enfermedad del tizón temprano en años recientes, por lo que ha tomado importancia y el Centro Internacional de la papa en 1978 ubicó al tizón temprano, inmediatamente después del tizón tardío; como la segunda enfermedad foliar más importante de la papa (CIP, 1989).

Descripción del Patógeno *Alternaria solani*

Alexopoulos y Mims (1996), ubican al género *Alternaria* dentro de la siguiente taxa:

Reino Fungi
Phylum Ascomycota
División Amastigomycota
Subdivisión Deuteromycotina
Clase Deuteromicetes
Subclase Lucoloascomycetes
Orden Pleosporales
Familia Pleosporaceae
Genero *Alternaria*
Especie *solani*

Síntomas de la Enfermedad.

Alternaria solani causa dos tipos de enfermedades en plantas, tizón temprano y pudrición del cuello. El tizón temprano actúa en la planta como defoliador y contribuye a una mayor pérdida económica en los cultivos (Maiero et. al., 1991).

La enfermedad se presenta en hojas, tallos y frutos, apareciendo en cualquier época de desarrollo del cultivo (Mendoza, 1996). Aunque Agrios (1996) y De La Garza (1996) mencionan que la enfermedad causada por *A. Solani* aparece en mayor frecuencia sobre tejidos senescentes o bajo estrés, coincidiendo con la etapa de prefloración o inicio de fructificación.

Por lo común esta enfermedad aparece en forma de manchas y tizones foliares pero puede ocasionar también ahogamiento de plántula, observándose lesiones de forma irregular y de tamaño variable; las pudriciones del cuello pueden matar la planta, así como, pudrición del fruto en tomate y tubérculos siendo los órganos más afectados las hojas (Agrios 1996 y De La Garza, 1996).

Si se presenta en plantas desarrolladas, las hojas atacadas aparecen inicialmente con manchas singulares o angulosas de color café oscuro a negro, las cuales aumentan de tamaño, presentan margen irregular y forman anillos concéntricos dándole a la lesión una apariencia característica. Los tejidos que rodean a la mancha se tornan amarillos y esta coloración puede extenderse hasta toda la hoja; finalmente la hoja se seca y cae (Mendoza, 1996 y De La Garza, 1996).

En tallos y ramas, las lesiones son ovales, oscuras alargadas y también con anillos concéntricos, que los circundan, originando un debilitamiento de la rama lo cual ocasiona que se lleguen a romper por el peso de la misma (Mendoza, 1996).

En tubérculos se presentan lesiones superficiales opacas. Estas lesiones tienen una depresión de forma circular o irregular y tamaño variable (De La Garza, 1996).

Urquijo et. al., (1971) y Agrios (1996) mencionan que las lesiones pueden tener un diámetro de 2 cm y una profundidad de 5 a 6 mm. Las manchas tienen un color que varía del café al negro con consistencia corchosa y una capa superficial aterciopelada de color negro constituidas por esporas e hifas del hongo (Mendoza, 1996).

Ciclo de la Enfermedad.

A. solani inverna como micelio en los restos de plantas infectadas y en forma de esporas o micelios en las semillas. Cuando el hongo se encuentra en las semillas, ataca las plántulas después de que han emergido y les produce el ahogamiento o bien lesiones en el tallo y pudrición del cuello. Sin embargo, es más frecuente que las esporas que forma el hongo en gran abundancia sean desprendidas del micelio para desarrollarse sobre restos vegetales, malezas o plantas cultivadas. Las esporas que han germinado penetran a los tejidos susceptibles directamente o a través de heridas y en poco tiempo producen nuevos conidios que son diseminados por el viento, la lluvia, las herramientas, etc. Con pocas excepciones esta enfermedad aparece con mayor frecuencia sobre tejidos senescentes y particularmente en plantas de poco vigor, nutrición deficiente o en plantas que crecen bajo algún otro tipo de adversidad debido a condiciones ambientales desfavorables (Agrios, 1996).

Etiología.

Walker (1973) indica que el micelio de *A. solani* es tabicado y ramificado presentando coloraciones oscuras al envejecer. En estados viejos el micelio produce conidióforos cortos, simples y erectos que portan cadenas simples o ramificadas de

conidios; los cuales no se distinguen de las hifas somáticas (Agrios, 1996 y De La Garza, 1996).

Mendoza (1996) señala que el hongo presenta conidióforos de color café oscuro, pueden ser simples, cortos o alargados, crecen aislados o en pequeños grupos, rectos o flexuosos, septados de 50 a 90 μ de largo por 8 a 9 μ de ancho.

Los conidios son grandes, alargados y oscuros, o bien multicelulares en forma de pera y presentan septas tanto transversales como longitudinales que se desprenden con facilidad y son diseminados por corrientes de aire. Estos miden de 12 a 20 μ de ancho por 120 a 296 μ de largo, los cuales se encuentran insertos en cadenas de dos (cultivo puro). Se forman a partir de una especie de yema que aparece en la célula terminal del conidióforo (Agrios, 1996 y Walker, 1973).

El hongo se cultiva fácilmente en medios artificiales, produciendo a menudo un abundante pigmento de una coloración amarillenta o rojiza que se difunde a través de sustrato. Se ha observado una considerable variación en cuanto a virulencia, desarrollo y esporulación en cultivo puro procedente de distintos aislamientos (Walker, 1973).

Condiciones que Favorecen el Desarrollo de la Enfermedad.

Humedad.- El patógeno sobrevive como micelio en hojas secas infectadas, Walker (1973) sobre plantas hospederas o como conidios por más de un año en el suelo, comportándose como inóculo primario y contribuyendo a la infección primaria en días lluviosos o húmedos (Mendoza 1996). Generalmente es suficiente una sola lluvia para provocar un ataque de tizón si el medio ambiente contiene esporas de año anterior (Llunell 1968). Con lluvias frecuentes y rocío abundantes, el hongo produce esporas en abundancia y se diseminan sobre restos vegetales, malezas o cultivos (Agrios, 1996).

Nuñez et. al., (1991), en sus estudios para determinar la etiología del tizón temprano del tomate, en el valle de Culiacán, Sinaloa; encontró que el mayor número de esporas capturadas se obtuvo cuando la humedad relativa fue de 92% y la temperatura de 18 ° C. Por lo anterior concluye que al aumentar la humedad también se incrementa la producción y liberación del inóculo secundario, estableciéndose así una relación directa entre humedad y número de esporas capturadas.

Temperatura.- La infección de *A. solani* ocurre a una temperatura elevada y periodos húmedos frecuentes. La temperatura y las condiciones semiáridas pueden favorecer el desarrollo epidémico de *Alternaria solani* (Horsfall, 1978 citado por Hernández, 1996).

De La Garza (1996) señala que la temperatura óptima para la germinación de conidios es de 28 a 30 ° C y los límites de 1 a 2 ° C y de 37 a 45 ° C en cultivo puro.

Mendoza (1996) señala que las infecciones primarias ocurren más probablemente si la temperatura del aire es de 24 ° C con días lluviosos y húmedos.

Por su parte Nuñez (1991) en estudios para determinar la Etiología de la enfermedad en tomate, en el valle de Culiacán, Sinaloa; concluye que en relación con la temperatura, ésta no tiene importancia, ya que a pesar de que se observó una variación de 3 ° C de una temperatura de 18 ° C, no se disparó la producción y liberación de esporas, por lo que se deduce, que la temperatura es importante para la presencia de la enfermedad; pero no tiene relación con las variaciones de producción del inóculo secundario, siempre y cuando se mantenga un rango aceptable de temperatura para el hongo.

Luz.- Investigaciones llevadas a cabo por Stevenson y Pennypacker (1988) concluyeron que el máximo promedio de germinación ocurrió cuando los conidios fueron incubados en la oscuridad por 9 a 12 horas a temperaturas de 25 a 30 ° C. Así mismo, se observó una respuesta inhibitoria en la germinación cuando los conidios fueron irradiados con luz que contenía longitud de onda ultravioleta en la región del espectro visible.

Estrés.- Agrios (1996) menciona que las enfermedades causadas por *Alternaria* aparecen con mayor frecuencia sobre tejidos senescentes y particularmente en plantas de poco vigor, nutrición deficiente o en plantas que crecen bajo algún tipo de adversidad o condiciones ambientales desfavorables, insectos y otras enfermedades.

Fenología.- En el cultivo de la papa las infecciones primarias ocurren sobre el follaje, su aparición coincide con el comienzo de la tuberización o fructificación; debido a que las plantas son más susceptibles, en opinión de algunos, a la fatiga fisiológica provocada en las zonas de intensa actividad fotosintética por la abundante producción y translocación de materiales hacia los órganos de reserva en formación (Walker, 1973).

De la Garza (1996) cita que el manchado de las hojas está confinado a las hojas más viejas hasta que los tubérculos comienzan a formarse; entonces la enfermedad se propaga a toda la planta y ocurre la defoliación.

Generalidades Sobre las Toxinas.

Toxina se originó del griego taxón que significa veneno y que se define como aquella sustancia producida por microorganismos dañinos a macroorganismos a muy bajas concentraciones. Estas son producidas por muchas especies de hongos y bacterias fitopatógenas en gran diversidad ambiental (Graniti, 1972).

Durbin (1981) la define como un producto químico del patógeno que produce todos o parte de los síntomas de la enfermedad de la planta.

Según Dickinson (1987), las toxinas son metabolitos originados en el patógeno que participan en la enfermedad de las plantas y tienen dos propiedades importantes:

- 1.- Son activas a concentraciones muy bajas.
- 2.- Son móviles dentro de la planta y pueden, por tanto, actuar a distancia del sitio de infección.

De La Garza (1996) menciona que las toxinas son sustancias perjudiciales a las plantas, actúan en pequeñas concentraciones y causan enfermedad.

Mecanismos de Acción de las Toxinas.

Agrios (1996) menciona que las toxinas actúan directamente sobre los protoplastos vivos de su hospedante y ocasionan daños considerables o incluso pueden destruir a las células de una planta. Algunas de ellas actúan como venenos protoplásmicos generales que afectan a muchas especies de plantas representantes de distintas familias; otras son tóxicas solo para algunas especies o variedades de plantas o bien o bien completamente inocuas para otras.

Las toxinas alteran la permeabilidad de las membranas, inactivan enzimas, bloquean los procesos que éstas catalizan o actúan como antimetabolitos; funcionan como venenos, son de peso molecular bajo y tienen gran movilidad (De La Garza ,1996).

Quizá el mejor uso que se puede hacer de las toxinas, especialmente aquellas específicas para ciertas plantas, es como elementos experimentales que permitirán seleccionar células, tejidos y plántulas resistentes al patógeno (De La Garza, 1996).

Muchos patógenos que crecen in vitro secretan sustancias que cuando son introducidas en la planta hospedera, reproducen todos o algunos de los síntomas asociados con la infección causada por ese patógeno. Dado que esta sustancia es capaz de interrumpir el metabolismo, se describe como TOXINA. En teoría, el término puede referirse a cualquier producto del patógeno que es nocivo para el hospedero. En la práctica se restringe por lo general a compuestos de bajo peso molecular que no atacan la integridad estructural de los tejidos de la planta pero que afectan el metabolismo de ésta en alguna forma (Dickinson, 1987).

Las toxinas se clasifican de acuerdo a diferentes criterios, según Graniti (1972), quedan de la siguiente manera:

1.- Zootoxinas.- Producidas por animales como: artrópodos, peces, serpientes, insectos y nemátodos.

2.- Fitotoxinas.- Producidas por hongos en plantas superiores como alcaloides y glucósidos.

3.- Toxinas microbiales.- Producidas por microorganismos, por ejemplo: bacterias, hongos (éstas llamadas micotoxinas) y micoplasmas; por ejemplo: aflatoxinas o botulinas.

De acuerdo al daño que causan, su clasificación es la siguiente:

Exotoxinas.- Compuestos tóxicos extracelulares, difundido por las bacterias vivas hacia el interior de la planta (Tarr ,1972).

Endotoxinas.- Compuestos tóxicos intracelulares formados en las células bacterianas, liberados cuando la célula muere Tarr (1972) y resultan tóxicos a muy bajas concentraciones.

Fitotoxinas.- Compuestos de los patógenos que inducen pocos o ninguno de los síntomas de la enfermedad que usualmente son causados por el patógeno vivo. No son específicos de un solo hospedero y no hay relación entre la producción de toxina y patogenicidad; por ejemplo: ácido alternárico, producto del metabolismo de *Alternaria solani* (Schotwell y Ellis, 1976).

Patotoxinas.- Desempeñan un verdadero papel de agente causal de la enfermedad, ya que son capaces de producir, en las plantas susceptibles, toda la sintomatología característica de la enfermedad (Schotwell y Ellis, 1976).

Vivotoxinas.- Compuestos producidos en el hospedero infectado por el patógeno, el cuál, no es en sí mismo el agente causal de la enfermedad. Estas pueden causar sólo una parte de los síntomas de la enfermedad, para esto se requiere la presencia del hospedero y del patógeno. Las toxinas en ésta categoría por lo general no son específicas; por ejemplo: ácido fusárico (Schotwell y Ellis, 1976).

Fitoagresivas.- Son sustancias no tóxicas a la planta en bajas concentraciones pero son las causales de la sintomatología de la enfermedad (Graniti, 1972).

Por su efecto en la planta las toxinas pueden clasificarse como: cloróticas, necróticas (necrotoxinas), por marchitez (marasminas) (Graniti, 1972).

Con respecto a su especificidad se clasifican como sigue:

Hospedero - específicas o selectivas.- Afectan a un solo hospedero o aun cierto tejido del mismo. Son considerados factores de patogenicidad (Wood, et. al., 1972).

Estas tienen alta actividad biológica solamente hacia el hospedero del patógeno (Mitchel, 1984 y Wood, 1972).

No hospedero específicas.- Tienen acción en un amplio rango de plantas hospederas que las producen y tienen diferente grado de toxicidad en cada planta.

Son consideradas factores de virulencia. Mitchel (1984) y Wood (1972), éstas además pueden afectar plantas y animales; por ejemplo: tentotoxina por *Alternaria tenuis* (Webster, 1982).

Toxinas Específicas del Hospedero en el Género *Alternaria*.

Dos toxinas huésped- específicas, toxina ACT Ib y ACT Ic fueron aisladas del cultivo *Alternaria alternata* en tangerinas, mandarinas y pera japonesa. Las toxinas inducen la necrosis venal, rápido incremento en la pérdida de electrolitos de las hojas susceptibles e invaginación de la membrana plasmática (Kohmoto et. al., 1993).

Toxina de *Alternaria kikuchiana*. Esta toxina se forma en la enfermedad del manchado negro de las peras japonesas *Pyrus serotina*. Las peras de las variedades susceptibles rociadas con filtrados de cultivos del hongo se enferman, mientras que las

variedades resistentes no sufren daño. Se ha afirmado que hongos fitopatógenos producen toxinas específicas a su hospedero. Sin embargo, hasta ahora se tiene muy poca información, o ninguna de cómo esas toxinas desencadenan sus efectos tóxicos sobre las plantas (Agrios, 1996).

Alternaria alternata causa una enfermedad en tabaco, el organismo causal de la mancha café en el tabaco, produce una toxina huésped-selectiva (llamada tóxica-AT) en filtrados de cultivos y fluidos de germinaciones de esporas (germinales). Las toxinas se han purificado de filtrados de cultivos del patógeno por un uso seriado de cambios de ion ácido sílico y filtración en columnas de gel y capa cromatográfica ligera. Las toxinas purificadas inhiben el crecimiento de raíces en la semilla (Kodama et. al., 1990).

Toxinas no Específicas del Hospedero en el Género *Alternaria*.

Muchas, si no es que todas las especies de *Alternaria* producen toxinas no hospedero - específicas dañinas a las plantas, no siendo necesarias para la infección Rotem (1994). Las sustancias producidas son: zinniol, ácido alternárico, alternariol, eter metílico, ácido tenoazonico, radicinil, radicinol y tentatoxina, los cuales pueden ser producidos por varios patógenos y afectar a varios hospederos. Por ejemplo zinniol es producido por *A. zinniae*, *A. carthami*, *A. macrospora*, *A. porri*, *A. solani*, *A. tagetica*. Cotty y Misaghi (1984) mencionan que la semejanza que muestran es muy grande y aseguran que en los hospederos hay una estabilidad en la relación hospedero - patógeno.

Se ha incrementado la descripción de las toxinas no específicas, por ejemplo: tres fitotoxinas fueron obtenidas del purificado de cultivo de *A. carthami*, las cuales son: brefeldina A, zinniol y dehidrofeldinaA, la cual aparece en pequeñas cantidades (Tietjen et.al, 1983).

Las toxinas radiantina y radicinina fueron aisladas de cultivos líquidos de *A. helianthi*, Tal et. al (1985). Así mismo se encontró deoxyradicinina, aislada naturalmente de hojas infectadas de girasol.

Tentoxina, otra toxina no específica ha sido frecuentemente estudiada y descrita. Esta es producida por *A. alternata* y causa clorosis en plántulas de muchos hospederos (Templeton et.al., 1967).

La acción de otras toxinas no específicas han sido también descritas, *A. macrospora*, en algodón produce una toxina que altera la permeabilidad de la membrana plasmática de hojas de algodón y causa pérdidas de electrolitos, principalmente iones de potasio, la toxina causa susceptibilidad en hojas de algodón, Krishnamomhan y Vidhyasekaran (1989). *A. brassicae* en coliflor también produce un factor todavía no definido que incrementa la permeabilidad de las células hospederas durante los procesos de infección. Dube et. al. (1980), una toxina producida por *A. helianthi* causa lesiones necróticas en girasol inhibiendo la germinación de semillas al principio del desarrollo y en las etapas posteriores afectando la respiración (Bhaskaran y Kandaswamy ,1978).

Toxinas no Específicas de Hospedero Producidas por *Alternaria solani*.

Alternasol y Macrosporina fueron identificados de cultivos de *A. solani*, en papa y tomate, pero la fitotoxicidad de Alternasol es moderado y los efectos en patogenicidad quedan poco claros (Holestein y Stoessl, 1983).

Una de las toxinas muy conocidas que produce *A. solani* es el ácido alternárico identificado por Brain et. al. (1952), y lo podemos encontrar en plantas infectadas como:

col, rábano, espinaca, caña de azúcar, tabaco, haba, entre otras), aumenta la transpiración de la hoja e induce la formación de lesiones, en tomate y papa, causa clorosis y necrosis.

Reportes realizados por Horsfall y Cowling (1980) indican que *Alternaria solani* es capaz de hidrolizar la tomatina en tomatidine causando así la inactivación de la enzima.

Resistencia Genética de la Papa a *Alternaria solani*.

Se considera al tizón temprano causado por *A. solani*, como una de las enfermedades fungosas más importantes de papa, especialmente bajo condiciones de alta temperatura y humedad (Martin C, y D. Thurston, 1989).

Pelletier y Fry (1990), al caracterizar y evaluar los componentes de resistencia de papa a *A. solani*, encontraron que la infección fue más fuerte en hojas bajas, más viejas, que en las superiores, más nuevas, esto debido tal vez, a que las hojas viejas tienen menor contenido de azúcares que las hojas nuevas. Se encontró también que son más resistentes las variedades de madurez tardía que las tempranas.

Vázquez (1996) en su trabajo de selección de genotipos de papa resistentes al tizón temprano concluyó que los genotipos Gigant, Diamante y 780646 se comportaron como resistentes a *A. solani*.

Evaluación de Resistencia Utilizando el Filtrado Tóxico de *A. solani*.

Salinas (1979) evaluó la resistencia de variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum*) a *A. solani*, empleando el filtrado tóxico de este hongo, encontrando que es factible el uso de metabolitos tóxicos para selección de variedades resistentes.

El hongo *A. solani* causa tizón temprano y la enfermedad de pudrición de cuello del tomate. *A. solani* implicó la síntesis de metabolitos fitotóxicos, especialmente ácido alternárico y zinniol (zianol). Se probaron los filtrados de cultivos de varios aislamientos de *A. solani* en cuanto a su fitotoxicidad a genotipos de tomate que previamente fueron evaluados a su resistencia a tizón temprano y pudrición del cuello. Las plántulas de tomate expuestas al filtrado por 20 horas presentaron una necrosis y marchitamiento marginal e intervenal. A una concentración alta de filtrado tóxico se tuvo una diversidad fitotóxica para todos los genotipos probados. El zinniol causó marchitamiento del tallo y necrosis en las hojas sobre zanahoria y maravilla (Maiero et. al., 1991).

Vázquez (1996) realizó un ensayo para determinar la resistencia de genotipos de papa al hongo *A. solani*, de la colección INIFAP y genotipos provenientes de la colección UAAAN, mediante los métodos de suspensión conidial y filtrado tóxico, resultando más agresivo e ideal para determinar la resistencia de genotipos éste último.

MATERIALES Y METODOS.

Ubicación del Experimento.

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Resistencia Genética que pertenece al Departamento de Fitomejoramiento e invernadero de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

El trabajo consistió en evaluar la resistencia de diversos genotipos de papa a *A. solani* utilizando el método de exposición de filtrado tóxico del patógeno.

Colecta del Material Vegetal Enfermo.

Se seleccionaron cultivos de papa de las áreas de Jame, Lirios y San Antonio de las Alazanas, se tomaron muestras de hojas y tallos de diferentes tamaños, a distintos grados de infección por el hongo *A. Solani*; éstas muestras se colocaron en bolsas de papel, se etiquetaron y se trasladaron al laboratorio.

Para el aislamiento del hongo se realizó la siembra directa del tejido, utilizando el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA).

Preparación del medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA).

- a) Se pesaron 11.7 gramos de medio de cultivo PDA, que se colocaron en un matraz que contenía 600 mililitros de agua destilada, se selló el matraz y se procedió a esterilizar por 25 minutos a 121 ° C en una olla de presión o autoclave.

- b) Una vez esterilizado el medio se vació en cajas petri también esterilizadas, lo cual se llevó a cabo en la cámara de flujo laminar para evitar contaminación de cualquier microorganismo indeseado, ya depositado el medio, se sellaron las cajas y se mantuvieron en el refrigerado para su posterior utilización.

Aislamiento del Hongo.

Las muestras vegetativas de papa seleccionadas quedaron clasificadas de la siguiente manera: A la muestra traída de los Lirios se le denominó cepa CLI, la de Jamé CJA y la de San Antonio de las Alazanas como cepa CSA; se sometieron a un proceso de esterilización con el fin de eliminar o reducir notablemente los contaminantes de superficie que pudieran interferir en el aislamiento de patógeno, primero se lavó el tejido en agua corriente y se desinfectó con hipoclorito de sodio (cloralex) al uno por ciento durante tres minutos, después fueron trasladados a cajas petri con agua destilada estéril, para eliminar el exceso del mismo, de las muestras ya tratadas se cortaron fragmentos de tejido que se colocaron con ayuda de unas pinzas previamente desinfectadas, sobre cajas de petri con papel filtro estéril, de donde se transfirieron a las cajas con el medio de cultivo (Papa Dextrosa Agar) tres trozos por caja, finalmente, éstas se sellaron, se etiquetaron y se dejaron en incubación a una temperatura de 23 a 25 ° C. Las cajas se checaron constantemente para observar el crecimiento micelial, realizándose a los 9 días una transferencia del hongo para obtener el cultivo puro. Los aislamientos de *A. solani* se conservaron en tubos con aceite mineral y se guardaron en el refrigerador para su posterior utilización.

Preparación del Filtrado Tóxico.

Para la preparación del filtrado tóxico de *A. solani* se requirió de un medio nutritivo adecuado para estimular la producción de metabolitos tóxico, en este caso se usó el de Maiero (Cuadro 3), el cual se preparó de la siguiente manera:

- a) Se pesaron los componentes necesarios para el medio (KH_2PO_4 , MgSO_4 , caseína hidrolizada, sacarosa, FeSO_4 , CuSO_4 , ZnSO_4 , NaMoO_4), que se disolvieron en 1.8 litros de agua destilada.
- b) Una vez disueltos los elementos se procedió a vaciar el medio en matraces de 500 mililitros los cuales se sellaron y se sometieron a esterilización durante 25 minutos en la autoclave, se dejó enfriar para posteriormente utilizarlo.

Se transfirieron, al medio líquido Maiero, discos de micelio de *A. solani* y se colocaron en matraces de 500 ml. con medio líquido estéril. Esto se llevó a cabo en la cámara de flujo laminar para evitar la contaminación de cualquier microorganismo indeseado, posteriormente los matraces se mantuvieron en agitación por 28 días, al término del tiempo citado, el contenido del frasco fue pasado a través de un filtro Whatman tamaño #1, utilizando para ello un embudo de buchner acoplado a un matraz kitosato, el que se conectó a una bomba de vacío, para obtener el filtrado tóxico sin micelio del hongo, el cual para poder eliminar todos los residuos, se volvió a esterilizar durante 25 minutos a 121°C en la autoclave, después se almacenó en el refrigerador para su posterior utilización.

Se utilizaron tres concentraciones de filtrado tóxico del hongo *A. solani*, que se prepararon de la siguiente manera: En la primera se utilizó agua destilada a la que no se le agregó filtrado tóxico ya que a su vez sirvió como testigo (0%). En la segunda concentración se tomaron proporciones 1:1 de filtrado tóxico y agua destilada (50%) y

a la última concentración no agregó agua destilada y se utilizó filtrado tóxico al 100%, esto fue con cada una de las cepas del hongo.

Cuadro 3.1 Composición del medio nutritivo para la producción filtrado tóxico (Maiero et. al., 1991).

KH ₂ PO ₄	2.0 gramos
MgSO ₄ . 7H ₂ O	2.048 gramos
CASEINA HIDROLIZADA	12 gramos
SACAROSA	200 gramos
FeSO ₄ . 7 H ₂ O	0.0036 gramos
CuSO ₄	0.00015 gramos
Zn SO ₄ . 7H ₂ O	0.000178 gramos
NaMoO ₄ . 2H ₂ O	0.00011 gramos
AGUA DESTILADA	1800 mililitros

pH: 4.9

Obtención del Material Vegetal: ALPHA, CEW, GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL.

Los tubérculos de los genotipos fueron sembrados en bolsas de plástico negro con suelo estéril, colocadas sobre una cama de 30 cm de profundidad en invernadero, cuando las plantas tenían ya treinta días de desarrollo se desprendieron hojas jóvenes de

cada variedad tomadas al azar de diferentes macetas, para realizar la primera evaluación, volviendo a desprender hojas de la plantas cuando esta ya presentaban 60 días de desarrollo, para poder realizar la segunda evaluación.

Evaluación de Variedades de Papa al Hongo *Alternaria solani* con Filtrado Tóxico al Mes y a los Dos Meses de Desarrollo del Cultivo.

Se evaluaron cinco genotipos de papa (ALPHA, CEW, GIGANT, NORTEÑA Y MONDIAL) bajo un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio de tres factores. Como factor A genotipos, concentraciones como factor B y cepas como factor C. Utilizando el modelo: $Y_{ijkl} = \mu + T_{ijl} + e_i (ijk)$

Las concentraciones utilizadas fueron al 0% (Testigo), al 50% y 100% de filtrado tóxico del hongo *Alternaria solani*.

Las diferentes cepas del hongo *A. solani* que se utilizaron quedaron clasificadas como la CLI, CJA y CSA.

Se colocaron 7 mililitros de filtrado tóxico de las tres cepas del hongo *A. solani* en tubos de ensaye estériles sobrepuestos en gradillas; luego folíolos en activo crecimiento con dos a cinco hojas, se separaron de la planta y se colocaron con la base del tallo sumergida en el filtrado tóxico, se mantuvieron en estas condiciones en una cámara de incubación por un tiempo de 24 horas y al cabo de las cuales se evaluó el área necrosada.

Los datos finales en por ciento se transformaron a $\sqrt{\text{proporción} + .5}$

La escala con la que se evaluaron los materiales fue la siguiente:

Resistente 0 a 25 por ciento de daño, medianamente resistente de 25 a 50 por ciento de daño, medianamente susceptible de 50 a 75 por ciento de daño y susceptible de 75 a 100 por ciento de daño.

RESULTADOS Y DISCUSION.

Evaluación de resistencia

- a) Resultado de la evaluación de genotipos de papa a diferentes concentraciones filtrado tóxico del hongo *A. solani* al primer mes de desarrollo de la planta.

Los resultados que se obtuvieron en el experimento fueron porcentajes pequeños, por lo que se transformaron mediante la fórmula $\partial X + .5$, para ajustarlos al modelo y evaluar la variación.

Como lo indica el análisis de varianza (Cuadro 4.1) se encontró una diferencia altamente significativa para el factor A que corresponde a genotipos de papa, factor B concentraciones de filtrado tóxico del hongo *A. solani*, interacción A por B genotipos de papa por concentraciones de filtrado tóxico del hongo *A. solani*, interacción A por C genotipos de papa por cepas del hongo *A. solani*, interacción B por C concentraciones de filtrado tóxico por cepas del hongo *A. solani* y la interacción A por B por C genotipos de papa por concentraciones de filtrado tóxico por cepas del hongo *A. solani*; y no significativo el factor C cepas del hongo *A. solani*.

Cuadro 4.1 Análisis de varianza para severidad del daño causado por el filtrado tóxico del hongo *A. solani* sobre folíolos de papa, al primer mes de desarrollo de la planta. UAAAN 2000.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	
Modelo	44	415.33030	8.43833	39.29	**
Error	135	32.43070	0.24023		
Total	179	447.76100			

C. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	
Factor A	4	27.45401	6.86350	28.57	**
Factor B	2	341.08536	170.54368	709.92	**
Factor C	2	0.83549	0.41374	1.73	NS
A x B	8	20.75833	2.59479	10.80	**
A x C	8	8.03012	1.00377	4.18	**
B x C	4	3.70568	0.93642	3.86	**
A x B x C	16	13.47131	0.84196	3.50	**

C.V. = 19.63 %

Se procedió a realizar la comparación de medias, mediante pruebas de Duncan obtenidas del por ciento de severidad de daño de cada uno de los genotipos a los que se les aplicó filtrado tóxico procedente de diversas cepas del hongo *A. solani*.

Como se observó en el Cuadro 4.2 los genotipos ALPHA con un valor de daño de 32.5% y MONDIAL con 26.43 % fueron los más afectados por el filtrado tóxico del

hongo *A. solani*, mientras que los genotipos CEW con 23.24%, NORTEÑA con 22.66% Y GIGANT con 21.88%, resultaron menos dañados.

Cuadro 4.2 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño causado por el filtrado tóxico de *A. solani* sobre folíolos de diferentes genotipos de papa. UAAAN 2000.

GENOTIPO	MEDIA	
ALPHA	32.5	a
MONDIAL	26.43	a,b
CEW	23.24	b
NORTEÑA	22.66	b
GIGANT	21.88	b

Nota: los tratamientos que poseen la misma letra son estadísticamente iguales.

Al respecto Agrios (1996) menciona que en ambientes favorables el desarrollo de la infección o no infección en cada combinación patógeno hospedero es predeterminado por el material genético tanto del hospedero como del patógeno.

Las concentraciones de filtrado tóxico del hongo *A. solani* evaluadas en el experimento fueron al 0, 50 y 100% (Cuadro 4.3), que estadísticamente se comportaron diferente; la que produjo más daño fue la de 100%, obteniéndose una severidad de 40.6% de daño sobre tejidos de las hojas de papa.

Cuadro 4.3 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño causado por diferentes concentraciones de filtrado tóxico de *A. solani* sobre folíolos de papa. UAAAN 2000.

CONC. DE FIL. TOX.	MEDIA	
100%	40.6	a
50%	27.9	b
0%	7.1	c

De la misma forma en un estudio realizado para seleccionar genotipos de tomate mediante filtrado tóxico de hongo *A. solani*; fueron expuestas plántulas de tomate por 20 horas a diferentes concentraciones, lográndose observar márgenes necrosados en las concentraciones más altas (Maiero et. al.,1991).

A pesar de que no se observaron diferencias significativas en severidad de daño causado por las cepas evaluadas (Cuadro 4.4). Se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan (Cuadro 4.3) y se encontró que las cepas del hongo *A. solani* CJA con valor de daño de 26%, CLI con 24.9% y CSA con 24.5%, se comportaron estadísticamente igual en cuanto al porcentaje de área foliar dañada.

Cuadro 4.4 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño causado por tres cepas del hongo *A.solani* sobre folíolos de papa. UAAAN 2000.

CEPAS DEL HONGO	MEDIA	
CJA	26.0	a
CLI	24.9	a

CSA	24.4	a
------------	------	---

En la interacción genotipos de papa por concentración de filtrado tóxico del hongo *A. solani* (Cuadro 4.5), se observó que los genotipos ALPHA con un valor de daño de 53.6% y MONDIAL con 44.3%, mostraron los por cientos de daño más altos al ser evaluados a una concentración de 100% de filtrado tóxico, comportándose estadísticamente diferentes entre sí y estos a su vez con los genotipos CEW con valor de daño de 36.8%, NORTEÑA con 39.5 % y GIGANT con 31.8%. El genotipo ALPHA presentó más daño ya que al ser evaluado a una concentración del 50% de filtrado tóxico del hongo *A. solani*, obtuvo un valor de daño de 36.8%, el cual fue igual al valor del genotipo CEW al ser tratado a una concentración del 100% del filtrado tóxico.

El genotipo GIGANT al ser evaluado a una concentración del 100% de filtrado tóxico se comportó estadísticamente igual que a una concentración de 50%, con valores de 31.8 y 26.0% respectivamente.

Los genotipos con menor daño a una concentración de 100% de filtrado tóxico fueron NORTEÑA que presentó con un valor de 35.9% y GIGANT con 31.8% de daño. Y al 50% de concentración del filtrado tóxico CEW con una valor de 25.7%, NORTEÑA y MONDIAL con 24.8% presentaron menos daño.

Cuadro 4.5 Prueba de Duncan para medias de severidad de daño en diferentes genotipos de papa a los que se les aplicaron dos concentraciones del filtrado tóxico de *A. solani*. UAAAN 2000.

GENOTIPO	POR CONC. DE FIL. TOX.	MEDIA	
ALPHA	AL 100%	53.6	a

MONDIAL	AL 100%	44.3	b
CEW	AL 100%	36.8	c
ALPHA	AL 50%	36.8	c
NORTEÑA	AL 100%	35.9	c
GIGANT	AL 100%	31.8	c,d
GIGANT	AL 50%	26.0	d,e
CEW	AL 50%	25.7	d,e
NORTEÑA	AL 50%	24.8	e
MONDIAL	AL 50%	24.8	e
ALPHA	AL 0%	7.1	f
MONDIAL	AL 0%	7.1	f
CEW	AL 0%	7.1	f
NORTEÑA	AL 0%	7.1	f
GIGANT	AL 0%	7.1	f

En la interacción genotipos de papa por cepas de hongo *A. solani* (Cuadro 4.6) se observó que la cepa CLI sobre el genotipo ALPHA causó un valor de daño de 36.4%, que estadísticamente fue diferente al causado por las cepas CSA y CJA.

Sobre el genotipo MONDIAL la cepa CJA causó un daño de 29.3%, siendo estadísticamente diferente al causado por las cepas CSA y CLI con valores de 24.8 y 22.2% respectivamente.

En los genotipos CEW y NORTEÑA, las tres cepas se comportaron estadísticamente igual, causando un mismo daño.

En el genotipo GIGANT la cepa CLI causó mas daño con un valor de 23.9%, que las cepas CSA con 21.6% y CJA con 19.5% de daño.

Cuadro 4.6 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño en folíolos de diferentes genotipos de papa a los que se les aplicó filtrado tóxico procedentes de tres cepas del hongo *A. solani*. UAAAN 2000.

GENOTIPO	POR	CEPAS	MEDIA	
ALPHA		CLI	36.4	a
ALPHA		CJA	34.1	a,b
MONDIAL		CJA	29.3	b
ALPHA		CSA	28.0	b,c,d
MONDIAL		CSA	24.8	c,d,f
CEW		CJA	24.1	c,d,f
CEW		CSA	23.9	c,d,f
GIGANT		CLI	23.9	c,d,f
NORTEÑA		CSA	23.5	c,d,f
NORTEÑA		CJA	23.0	c,d,f
MONDIAL		CLI	22.2	d,f
CEW		CLI	21.6	d,f

continuación...

GIGANT		CSA	21.6	d,f
NORTEÑA		CLI	21.6	d,f
GIGANT		CJA	19.5	f

En este experimento todos los materiales vegetativos al ser inoculados se incubaron en condiciones ambientales iguales, de tal manera que las plantas manifestaron un comportamiento diferente en base a las características de los genotipos de papa, y en relación a las diferentes cepas del hongo *A. solani* utilizadas.

Estos resultados se pueden obtener debido a que el número de genes que determinan la resistencia o susceptibilidad varía de una planta a otra, de la misma manera como el número de genes que determinan la virulencia o avirulencia, puede variar de un patógeno a otro (Agrios, 1996).

En la interacción concentración de filtrado tóxico por cepas del hongo *A. solani*, el Cuadro 4.7 se mostró que las cepas fueron estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes entre concentraciones probadas al 100%, 50% y 0% de concentración de filtrado tóxico del hongo, a una concentración de 100% de filtrado tóxico se encontraron los folíolos más afectados, la cepa CJA con un valor de daño de 44%, CLI con 38.4% y CSA con 38.1%.

Cuadro 4.7 Prueba de Duncan para valores de medias correspondiente a la severidad de daño sobre folíolos de papa causado al aplicar diferentes concentraciones de filtrado tóxico procedentes de tres cepas del hongo *A. solani*. UAAAN 2000.

CONC. DE FIL. TOX. POR	CEPAS	MEDIA	
AL 100%	CJA	44.0	a
AL 100%	CLI	38.4	a
AL 100%	CSA	38.1	a
AL 50%	CLI	29.3	b

AL 50%	CJA	26.6	b
---------------	------------	------	---

continuación...

AL 50%	CSA	26.6	b
AL 0%	CLI	7.1	c
AL 0%	CJA	7.1	c
AL 0%	CSA	7.1	c

En la interacción genotipos de papa por concentración de filtrado tóxico del hongo *A. solani* (Cuadro 4.8) se observó que a una concentración de 100% de filtrado tóxico, la cepa CJA causó los valores de daño más altos sobre los genotipos: ALPHA con 66.6% de daño y MONDIAL con 57.3% que estadísticamente fueron iguales entre sí pero diferentes a los genotipos CEW con un valor de 37.3% de daño, NORTEÑA con 35.9% y GIGANT con 27.9%. Con la cepa CLI el mayor daño se observó sobre el genotipo ALPHA con un valor de 56.2%, que estadísticamente fue diferente a los valores de los genotipos GIGANT con 35.6%, NORTEÑA y CEW con 34.1%, y MONDIAL con 31.9% de daño. La cepa CSA se comportó igual sobre los genotipos MONDIAL, ALPHA,CEW y NORTEÑA, causando un menor daño sobre el genotipo GIGANT con 31.9% de daño.

Al 50% de concentración del filtrado tóxico, la cepa CLI causó mayor daño en el genotipo ALPHA con un valor de 43.0%,mientras que en los genotipos MONDIAL, GIGANT, NORTEÑA y CEW, la cepa se comportó igual causando un menor daño. La cepa CJA provocó un daño mayor en el genotipo ALPHA con 33.6%; CEW obtuvo un valor intermedio de 27.9%,pero estadísticamente fue igual a los valores de los genotipos: NORTEÑA con 26.7%, MONDIAL con 23.6%y GIGANT con 23.5%. La cepa CSA al igual que las dos anteriores el mayor daño lo causó sobre el genotipo ALPHA con 33.6% de daño y sobre los genotipo CEW, GIGANT, NORTEÑA obtuvo un mismo valor de 25.7% de daño y el genotipo GIGANT con un valor de 23.5%.

A una concentración de 0% de filtrado tóxico con las cepas CLI, CJA y CSA del hongo *A. solani* todos los genotipos se comportaron igual mostrando un por ciento de daño de 7.1.

Cuadro 4.8 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño causado sobre genotipos de papa al aplicarles diferentes concentraciones de filtrado tóxico procedente de tres cepas del hongo *A. solani*. UAAAN 2000.

GENOTIPO POR CONC. DE FIL. TOX. PORCEPAS			MEDIA	
ALPHA	AL 100%	CJA	61.6	a
MONDIAL	AL 100%	CJA	57.3	a
ALPHA	AL 100%	CLI	56.2	a
MONDIAL	AL 100%	CSA	43.8	b
ALPHA	AL 50%	CLI	43.0	b
ALPHA	AL 100%	CSA	43.0	b
CEW	AL 100%	CSA	39.1	b,c
NORTEÑA	AL 100%	CSA	37.6	b,c,d
CEW	AL 100%	CJA	37.3	b,c,d
NORTEÑA	AL 100%	CJA	35.9	c,d
GIGANT	AL 100%	CLI	35.6	c,d
NORTEÑA	AL 100%	CLI	34.1	c,d,e
CEW	AL 100%	CLI	34.1	c,d,e
ALPHA	AL 50%	CJA	33.6	c,d,e,f
ALPHA	AL 50%	CSA	33.6	c,d,e,f
MONDIAL	AL 100%	CLI	31.9	d,e,f,g

GIGANT	AL 100%	CSA	31.9	d,e,f,g
CEW	AL 50%	CJA	27.9	e,f,g,h
GIGANT	AL 100%	CSA	27.9	e,f,g,h
MONDIAL	AL 50%	CLI	27.4	e,f,g,h
GIGANT	AL 50%	CLI	26.9	f,g,h
NORTEÑA	AL 50%	CJA	26.7	g,h
CEW	AL 50%	CSA	25.7	g,h
GIGANT	AL 50%	CSA	25.7	g,h

continuación...

NORTEÑA	AL 50%	CSA	25.7	g,h
NORTEÑA	AL 50%	CLI	23.6	h
MONDIAL	AL 50%	CJA	23.6	h
MONDIAL	AL 50%	CSA	23.6	h
CEW	AL 50%	CLI	23.5	h
GIGANT	AL 50%	CJA	23.5	h
ALPHA	AL 0%	CLI	7.1	i
ALPHA	AL 0%	CJA	7.1	i
ALPHA	AL 0%	CSA	7.1	i
CEW	AL 0%	CLI	7.1	i
CEW	AL 0%	CJA	7.1	i
CEW	AL 0%	CSA	7.1	i
GIGANT	AL 0%	CLI	7.1	i
GIGANT	AL 0%	CJA	7.1	i
GIGANT	AL 0%	CSA	7.1	i
NORTEÑA	AL 0%	CLI	7.1	i
NORTEÑA	AL 0%	CJA	7.1	i

NORTEÑA	AL 0%	CSA	7.1	i
MONDIAL	AL 0%	CLI	7.1	i
MONDIAL	AL 0%	CSA	7.1	i
MONDIAL	AL 0%	CJA	7.1	i

De acuerdo a la severidad del daño observada en los genotipos evaluados se clasificaron en: resistentes (R), medianamente resistentes (MR), medianamente susceptibles (MS) y susceptibles (S) en el Cuadro 4.9 se mostró, como era de esperarse que al 0% de concentración del filtrado tóxico del hongo *A. solani* todos los genotipos son resistentes, a 50% de concentración los genotipos NORTEÑA y MONDIAL, se comportaron como resistentes, mientras que ALPHA, CEW y GIGANT como medianamente resistentes. Al aumentar la concentración al 100%, ALPHA se mostró como medianamente susceptible y CEW, GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL fueron medianamente resistentes.

Cuadro 4.9 Resistencia de genotipos de papa al filtrado tóxico de *A. solani* a concentraciones de 0, 50 y 100 % al primer mes de desarrollo de la planta. UAAAN 2000.

CONC.	ALPHA	CEW	GIGANT	NORTEÑA	MONDIAL
0%	R	R	R	R	R
50 %	MR	MR	MR	R	R
100 %	MS	MR	MR	MR	MR

R = Resistentes (0 - 25 %).

MR = Medianamente resistente (25 - 50 %).

MS = Medianamente susceptible (50 - 75 %).

S = Susceptible (75 - 100 %).

b) Resultado de la evaluación de genotipos de papa a diferentes concentraciones de filtrado tóxico del hongo *A. solani* al segundo mes de desarrollo de la planta.

En la segunda evaluación el análisis de varianza (Cuadro 4.10) resultó altamente significativo para el factor A que corresponde a genotipos de papa, al factor B concentraciones de filtrado tóxico del hongo *A. solani*, al factor C cepas del hongo, a la interacción A por B genotipos de papa por concentraciones de filtrado tóxico, interacción B por C concentraciones de filtrado tóxico por cepas del hongo *A. solani*, interacción A por C genotipos de papa por cepas del hongo y para la interacción A por B por C correspondiente a genotipos de papa por concentraciones de filtrado tóxico por cepas del hongo.

Cuadro 4.10 Análisis de varianza para severidad de daño causado por el filtrado tóxico del hongo *A. solani* sobre folíolos de papa, al segundo mes de desarrollo de la planta. UAAAN 2000.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	
Modelo	44	877.99133	19.84071	16.06	**
Error	135	177.88860	1.31852		
Total	179	1050.88088			

C. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	
Factor A	4	66.83995	16.71499	12.68	**
Factor B	2	576.86462	288.43231	218.76	**
Factor C	2	61.07108	7.63389	5.79	**
A x B	8	47.60361	23.80181	18.05	**
A x C	8	30.85635	3.85704	3.93	**
B x C	4	28.59182	7.14795	5.42	**
A x B x C	16	61.14390	3.82149	3.90	**

C.V. = 37.81 %

Se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Duncan obtenidas del por ciento de severidad de daño de cada uno de los genotipos a los que se les aplicó filtrado tóxico procedente de diversas cepas del hongo *A. solani*.

Como se muestra en el Cuadro 4.11 el genotipo GIGANT presentó el por ciento de daño mayor con un valor de 41.9 %, que estadísticamente fue diferente a los valores que mostraron los genotipos MONDIAL, NORTEÑA, ALPHA y CEW.

Cuadro 4.11 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño causado por el filtrado tóxico de *A. solani* sobre folíolos de diferentes genotipos de papa. UAAAN 2000.

GENOTIPO	MEDIA	
GIGANT	41.9	a

MONDIAL	29.6	b
NORTEÑA	28.7	b
ALPHA	27.7	b
CEW	23.8	b

Las concentraciones 0, 50 y 100% de filtrado tóxico del hongo *A. solani* (Cuadro 4.12) se comportaron estadísticamente diferentes, la que produjo en promedio el resultado más alto de daño fue la de 100% de concentración de filtrado tóxico, obteniendo una severidad de 60.6%, mientras que al 50% de concentración de filtrado tóxico se obtuvo un valor de 33.3 % y al 0% de concentración de filtrado tóxico un valor de 7.1%.

Cuadro 4.12 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño causado por diferentes concentraciones de filtrado tóxico de *A. solani* sobre folíolos de papa. UAAAN 2000.

CONC. DE FIL.TOX.	MEDIAS	
AL 100 %	60.6	a
AL 50 %	33.3	b
AL 0 %	7.1	c

Al realizar la prueba de comparación de medias por Duncan (Cuadro 4.13), se encontró que la cepa CLI, mostró un valor de daño de 37.6%, el cual fue estadísticamente diferente al causado por las cepas CJA y CSA, que fueron de 27.0% y 26.4 % respectivamente.

Cuadro 4.13 Pruebas de Duncan para valores de medias correspondiente a severidad de daño causado por diferentes cepas del hongo *A. solani* sobre folíolos de papa. UAAAN 2000.

CEPAS DEL HONGO	MEDIA	
CLI	37.6	a
CJA	27.0	b
CSA	26.4	b

En la interacción genotipos de papa por concentración de filtrado tóxico del hongo *A. solani* (Cuadro 4.14) se observó que los genotipos GIGANT con una valor de 66.6% y NORTEÑA con 66.4%, mostraron los porcentajes de daño más altos, al ser evaluados a una concentración de 100% de filtrado tóxico; considerándose el genotipo GIGANT como el más dañado, ya que al ser evaluado a una concentración de 50% de filtrado tóxico, también mostró un valor alto de 63.0%.

Los genotipos ALPHA, MONDIAL y CEW mostraron los valores menores al ser evaluados a una concentración de 100% del filtrado tóxico.

A una concentración de 50% de filtrado tóxico del hongo *A. solani* el genotipo GIGANT, con el valor de daño más alto fue estadísticamente diferente al resto de los genotipos, sin embargo también el genotipo MONDIAL mostró diferencia con un valor de daño de 36.8%, a los genotipos ALPHA, NORTEÑA Y CEW.

A una concentración del 0% de filtrado tóxico del hongo *A. solani* todos los genotipos se comportaron igual con un por ciento de daño de 7.1%.

Cuadro 4.14 Prueba de Duncan sobre folíolos de diferentes genotipos de papa a los que se les aplicaron dos concentraciones de filtrado tóxico de *A. solani*. UAAAN 2000.

GENOTIPO	POR CONC. DE FIL. TOX.	MEDIA	
GIGANT	AL 100%	66.6	a
NORTEÑA	AL 100%	66.4	a
GIGANT	AL 50%	63.0	a
ALPHA	AL 100%	50.5	b
MONDIAL	AL 100%	44.6	b,c
CEW	AL 100%	39.5	c,d
MONDIAL	AL 50%	36.8	d
ALPHA	AL 50%	25.5	e
NORTEÑA	AL 50%	25.1	e
CEW	AL 50%	23.7	e
ALPHA	AL 0%	7.1	f
CEW	AL 0%	7.1	f
GIGANT	AL 0%	7.1	f
NORTEÑA	AL 0%	7.1	f
MONDIAL	AL 0%	7.1	f

Como se observó en el Cuadro 4.15 La cepa CLI del hongo *A. solani* se comportó diferente a las cepas CJA y CSA al causar los mayores porcentajes; sobre el genotipo GIGANT causó un daño con valor de 60.3%, que estadísticamente fue

diferente a los valores de daño de los genotipos: CEW con 39.5%, MONDIAL con 38.6%, NORTEÑA con 31.2% y el menor dañado con 28.5% que correspondió al genotipo ALPHA.

La cepa CSA del hongo *A. solani* causó mayor daño al genotipo GIGANT con 38.7% que fue diferente a los valores de daño sobre los genotipos MONDIAL con 27.1%, ALPHA con 26.9% y NORTEÑA con 25.7%; al genotipo que causó menor daño fue CEW con un 12.6%.

La cepa CJA del hongo *A. solani* provocó un daño de 35.7% sobre el genotipo GIGANT, el cual fue mayor al de los genotipos NORTEÑA con 28.2%, ALPHA con 27.7%, MONDIAL con 22.9% y CEW con 19.6% de daño.

Cuadro 4.15 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño sobre folíolos de diferentes genotipos de papa a los que se les aplicó filtrado tóxico procedente de tres cepas del hongo *A. solani*. UAAAN 2000.

GENOTIPO	POR	CEPAS	MEDIA	
GIGANT		CLI	60.3	a
CEW		CLI	39.6	b
GIGANT		CSA	38.7	b
MONDIAL		CLI	38.6	b
GIGANT		CJA	35.7	b,c
NORTEÑA		CLI	31.2	c,d
ALPHA		CLI	28.5	d,e
NORTEÑA		CJA	28.2	d,e
ALPHA		CJA	27.7	d,e

MONDIAL	CSA	27.1	d,e
ALPHA	CSA	26.9	d,e
NORTEÑA	CSA	25.7	d,e,f
MONDIAL	CJA	22.9	e,f
CEW	CJA	19.6	f
CEW	CSA	12.6	g

En la interacción concentración de filtrado tóxico por cepas del hongo *A. solani* (Cuadro 4.16) la cepa CLI en una concentración de 100% de filtrado tóxico, presenta el porcentaje de daño más alto con 64.2%, diferenciándose estadísticamente con las cepas CJA con valor de 44.8% y CSA con 42.7%.

A una concentración de 50% de filtrado tóxico, la cepa CLI del hongo *A. solani*, mostró un valor de daño de 41.5% que fue mayor al de las cepas CSA con 29.3% y CJA con 29.1%.

A una concentración de 0% de filtrado tóxico las tres cepas del hongo *A. solani* se comportaron igual con el mismo valor de daño de 7.1%.

Cuadro 4.16 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño sobre folíolos de papa causado al aplicar diferentes concentraciones de filtrado tóxico procedentes de tres cepas del hongo *A. solani*. UAAAN 2000.

CONC. DE FIL. TOX. POR	CEPAS	MEDIA	
AL 100%	CLI	64.2	a
AL 100%	CJA	44.8	b

AL 100%	CSA	42.7	b
AL 50%	CLI	41.5	b
AL 50%	CSA	29.3	c
AL 50%	CJA	29.1	c
AL 0%	CLI	7.1	d
AL 0%	CJA	7.1	d
AL 0%	CSA	7.1	d

En la interacción genotipos de papa por concentración de filtrado tóxico por cepas del hongo *A. solani* (Cuadro 4.17) se observó que a una concentración de 100% de filtrado tóxico de la cepa CLI, todos los genotipos fueron afectados mostrando valores de daño altos, GIGANT con 84.2%, NORTEÑA con 64.2%, MONDIAL con 64%, ALPHA con 62.6% y CEW con 62.3% de daño. La cepa CJA diferenció a los genotipo GIGANT y NORTEÑA con mayor daño, mostrando valores de 64.5 y 64.2% respectivamente, el genotipo ALPHA mostró un valor de daño intermedio de 48.7 % y los genotipos con menor daño fueron: MONDIAL con 27.9% y CEW con 25.7% de daño. La cepa CSA se comportó estadísticamente igual en los genotipos NORTEÑA con un valor de daño de 54.7%, ALPHA con 50.2%, GIGANT con 43.4% y MONDIAL con 42% que fueron los de mayor daño, mientras que el genotipo que presentó un menor daño fue CEW con 23.5% .

A una concentración de 50% de filtrado tóxico la cepa del hongo *A.solani* CLI causó un mayor daño sobre el genotipo GIGANT con un valor de 62.6%, sobre los genotipos MONDIAL y CEW mostró valores de daño intermedios con 44.5 y 42.2% respectivamente y los genotipos con menor daño fueron: NORTEÑA con un valor de 32.4% y ALPHA con 26.7%. La cepa CSA provocó un mayor daño sobre el genotipo GIGANT con un valor de 62.6%, el genotipo MONDIAL presentó un valor intermedio de 32.4% de daño y los genotipos ALPHA con un valor de 23.6%, CEW con 16.3 % y

NORTEÑA con 7.1% fueron los de menor daño. Con al cepa CJA se logró un mayor daño en los genotipos: GIGANT con un valor de 36.6% y MONDIAL con 33.6%, los genotipos con menor daño fueron: ALPHA con 27.4% de daño, CEW con 26.7% y NORTEÑA con 23.6%.

A una concentración de 0% de filtrado tóxico con las cepas CLI, CJA y CSA del hongo *A. solani* todos los genotipos se comportaron igual mostrando un por ciento de daño de 7.1%.

Cuadro 4.17 Prueba de Duncan para valores de medias correspondientes a severidad de daño causado sobre genotipos de papa al aplicarles diferentes concentraciones de filtrado tóxico procedentes de 3 cepas del hongo *A. solani*. UAAAN 2000.

GENOTIPO POR CONC. DE FIL. TOX. PORCEPAS			MEDIA	
GIGANT	AL 100%	CLI	81.2	a
NORTEÑA	AL 100%	CJA	67.2	a,b
GIGANT	AL 100%	CJA	64.5	a,b
NORTEÑA	AL 100%	CLI	64.2	a,b
MONDIAL	AL 100%	CLI	64.0	a,b
GIGANT	AL 50%	CLI	62.6	a,b

continuación...

ALPHA	AL 100%	CLI	62.6	a,b
GIGANT	AL 50%	CSA	62.6	a,b
CEW	AL 100%	CLI	62.3	b,c
NORTEÑA	AL 100%	CSA	54.7	c,d
ALPHA	AL 100%	CSA	50.2	d,e

ALPHA	AL 100%	CJA	48.7	d,e,f
MONDIAL	AL 50%	CLI	44.5	e,f
GIGANT	AL 100%	CSA	43.4	e,f
CEW	AL 50%	CLI	42.2	f
MONDIAL	AL 100%	CSA	42.0	f
GIGANT	AL 50%	CJA	36.6	g
MONDIAL	AL 50%	CJA	33.6	g
NORTEÑA	AL 50%	CLI	32.4	g,h
MONDIAL	AL 50%	CSA	32.4	g,h
MONDIAL	AL 100%	CJA	27.9	g,h,l
ALPHA	AL 50%	CJA	27.4	h,i
ALPHA	AL 50%	CLI	26.7	h,i
CEW	AL 50%	CJA	26.7	h,i
CEW	AL 100%	CJA	25.7	i
ALPHA	AL 50%	CSA	23.6	i
GIGANT	AL 50%	CJA	23.6	i
CEW	AL 100%	CSA	23.5	i
NORTEÑA	AL 50%	CSA	16.3	i
CEW	AL 50%	CSA	7.1	k
ALPHA	AL 0%	CLI	7.1	k
ALPHA	AL 0%	CJA	7.1	k
ALPHA	AL 0%	CSA	7.1	k
CEW	AL 0%	CLI	7.1	k
CEW	AL 0%	CJA	7.1	k

continuación...

CEW	AL 0%	CSA	7.1	k
------------	--------------	------------	-----	---

GIGANT	AL 0%	CLI	7.1	k
GIGANT	AL 0%	CJA	7.1	k
GIGANT	AL 0%	CSA	7.1	k
NORTEÑA	AL 0%	CLI	7.1	k
NORTEÑA	AL 0%	CJA	7.1	k
NORTEÑA	AL 0%	CSA	7.1	k
MONDIAL	AL 0%	CLI	7.1	k
MONDIAL	AL 0%	CJA	7.1	k
MONDIAL	AL 0%	CSA	7.1	k

La clasificación de los genotipos de papa en cuanto a su resistencia al filtrado tóxico del hongo *A. solani* (Cuadro 4.18) mostró que a una concentración de 0% de filtrado tóxico como era de esperarse todos los genotipos fueron resistentes, a una concentración de 50 % el genotipo CEW fue más resistente que los genotipos ALPHA, NORTEÑA y MONDIAL, los cuales resultaron medianamente resistentes, mientras que el genotipo GIGANT fue medianamente susceptible. Al aumentar la concentración al 100% de filtrado tóxico del hongo *A. solani*, CEW siguió mostrando resistencia ya que se comportó como medianamente resistente; ALPHA, GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL fueron medianamente susceptibles.

Cuadro 4.18 Resistencia de genotipos de papa al filtrado tóxico de *A. solani* a concentraciones de 0, 50 y 100 % al segundo mes de desarrollo de la planta. UAAAN 2000.

CONC.	ALPHA	CEW	GIGANT	NORTEÑA	MONDIAL
0%	R	R	R	R	R
50 %	MR	R	MS	MR	MR

100 %	MS	MR	MS	MS	MS
--------------	----	----	----	----	----

R = Resistentes (0 - 25 %).

MR = Medianamente resistente (25 - 50 %).

MS = Medianamente susceptible (50 - 75 %).

S = Susceptible (75 - 100 %).

En los resultados del experimento se observó que los genotipos NORTEÑA y MONDIAL mostraron resistencia al filtrado tóxico cuando la planta presentó un mes de desarrollo llevándose a cabo la primera evaluación y en la segunda evaluación a los dos meses de desarrollo de la planta sólo el genotipo CEW fue resistente.

Al respecto Rotem (1994) menciona que la papa en estado juvenil es resistente al hongo *A. solani*, pero la susceptibilidad se incrementa a medida que madura la planta, por lo que a este tipo de resistencia se le denomina resistencia temporal ya que se manifiesta sólo en plantas jóvenes.

En la selección de genotipos de papa resistentes al filtrado tóxico del hongo *A. solani*, este método de selección ya ha sido estudiado por Vázquez (1996) quien determinó que la utilización de filtrado tóxico es un método agresivo y rápido en la selección de genotipos resistentes y susceptibles de papa.

El método de inoculación con filtrado tóxico puede ser utilizado de manera confiable como un método de evaluación de genotipos de papa resistentes a tizón temprano como lo afirma Sanabria (1977), Salinas (1979), Rojas (1974) y Maiero et. al., (1991).

CONCLUSIONES.

Al realizar las evaluaciones de resistencia de los genotipos de papa ALPHA, CEW, GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL, llevadas a cabo a uno y dos meses de desarrollo de la planta se determinó que:

En la primera evaluación las cepas CLI, CJA y CSA del hongo *A. solani* se comportaron igual en cuanto a su agresividad patogénica.

Las concentraciones 50 y 100% de filtrado tóxico mostraron diferentes porcentajes de daño sobre los genotipos evaluados.

A una concentración de 50% de filtrado tóxico del hongo *A. solani* los genotipos que mostraron resistencia fueron NORTEÑA y MONDIAL; ALPHA, CEW y GIGANT se comportaron como medianamente resistentes y a una concentración de 100% de filtrado tóxico los genotipos, CEW, GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL fueron medianamente resistentes mientras que el genotipo ALPHA se comportó como medianamente susceptible.

En la segunda evaluación una de las cepas, la CLI se mostró más agresiva que las cepas CJA y CSA.

Las concentraciones 50 y 100% de filtrado tóxico mostraron diferentes porcentajes de daño sobre los genotipos evaluados.

A 50% de concentración sólo el genotipo CEW fue resistente, mientras que ALPHA, NORTEÑA y MONDIAL se comportaron como medianamente resistentes y el genotipo GIGANT como medianamente susceptible, y a una concentración de 100% del filtrado tóxico el genotipo CEW fue medianamente resistente y ALPHA, GIGANT, NORTEÑA y MONDIAL medianamente susceptibles.

LITERATURA CITADA.

- Agrios, G.N. 1996 Fitopatología. Segunda Edición. Editorial Limusa S.A. de C.V. México D.F. 821 p.
- Alexopoulos, C. J., 1996; Introductory Mycology. 4ta edition, Jhon Wiley and Sons, Inc. USA. 869 p.
- Alonso, A. F., 1996. El cultivo de la patata. Primera Edición. Editorial Mundiprensa Barcelona España. 272 p.
- ASERCA 1998. Claridades Agropecuarias. Edición No. 57 Editorial ASERCA México.
- Bayer. 1995. Manual para la protección de la papa.
- Bhaskaran, R., and Kandaswamy, T. K. 1978. Production a toxic metabolite by *Alternaria helianthi* in vitro and vivo. Madras Agric. J. 65: 801 – 804.
- Brain, P. W., Elson, G. W., Hemming. H. G., and Wright, J. M. 1952. The phytotoxic Properties of alternaric acid in relation to the etiology of plant diseases caused by *Alternaria solani* (Ell & Mart) Jones & Grout. Ann. Appl. Biol. 39: 308 – 321.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1991. Principales enfermedades, insectos, nemátodos y ácaros de la papa. Lima Perú. 3-36 pp.

- Cotty, P. J., and Misaghi, T. J. 1984. Zinniol production by *Alternaria* species. *Phytopathology* 74: 785 – 788.
- Dickinson, C. H. 1987. *Patología vegetal y patógenos de plantas*. Editorial Limusa S.A. de C.V. México D. F. 312 p.
- De La Garza, G. J. L. 1996. *Fitopatología General*. U. A. N. L. Facultad de Agronomía, Marín, N. L. México. 455 p.
- Dube, V. P., Charaya, M. V., Tyagy, S., and devi, S. 1980. Effect of *Alternaria Brassica* (Berk.) Sacc. And its culture filtrates on the permeability of Cauliflower leaves. *Acta Bot. Indica* 8:265 – 267.
- Durbin, R. D. 1981. *Toxins in Plant Disease*. Academic Press. USA. P 3,5.
- Folsom and Bonde, R. 1925. *Alternaria solani* as cause of tuber rot in patatus. *Phytopathology*. 15:282 – 286.
- Graniti, A. 1972. The evolution of the toxin concept in plant disease. Wood R. K., A.B. Ballio and Graniti (Eds). Academic Press, U. S. A. p. 15 – 16.
- Hernández, E. J. 1996. Efectividad biológica de fungicidas para el control del tizón *Alternaria solani* (Ell y G. Martin) Jones y Grount en papa *Solanum tuberosum* L. en el Ejido Rancho Nuevo, Arteaga, Coahuila, México. 54 p.
- Hernández, C. F. D. 1997. Grupos de anastomosis de *Rhizoctonia solani* en la región Papera de Nuevo León y Coahuila. Foro de investigación en el cultivo de la papa. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

- Holenstein, J. E., and Stoessl, A. 1983. Metabolites of *Alternaria solani*, part IX: Phytotoxicity of alternasol A. *Phytopathol. Z.* 108:143 – 147.
- Horsfall, G. J. and Cowlig, B. E. 1980. *Plant Disease and advance teatise*. Vol. V. Academic Press inc. New York. 466p.
- Kodama, M., Suzuki, T., Otani, H., Kohmoto, K., and Nishimura, S. 1990. Purification and Bioassay of host – selective AT – toxin from *Alternaria solani* causing brow spot of Tabaco. *Ann. Phytopath, Soc. Japan.* 56:628 – 636.
- Kohmoto, K., Itoh, Y., Shimomura, N., Kondoh, Y., Otani, H., Kodama, N., Nishimura, S., and Nakaatsuka, S. 1993. Insolation and biological activities of two host – specific toxins from the tangerine pathotype of *Alternaria alternata*. *Phytopathology.* 83:495-502.
- Krishnammohan, G., and Vidhyasekaran, P. 1989. Changes in biochemical constituents of cotton leaves treated with *Alternaria macrospora* toxin. *Indian J. Exp. Biol.* 27: 290-291.
- Llunell, P. C. 1968. *Enfermedades de hortalizas*. Primera edición. Editorial Ediciones Oikos-taw, S.A., España. 553p.
- Maiero, M.; Bean, G. A and Ng, T. J. 1991. Toxins production by *Alternaria solani* and its related phytotoxicity to tomato breeding lines. *Phytopathology.* 81: 1030-1033.
- Martin, C. and H. D., Thurson. 1989. Factors affecting resistance to *Phytophthora infestans* progress in early blight research at CIP. In fungal diseases of the potato. Report of the Planning Conference Fungal diseases of the potato. Held at CIP. Lima, september 21-25.

- Mendoza, Z.C. 1996 Enfermedades Fungosas de Hortalizas. U. A. CH. Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F. 82 p.
- Mitchel, R. 1984. The evidence of not-host-specific toxins in the expression of virulence by Pathogenesis. *Ann. Rev. Phytopat.* 22:215-245.
- Nuñez, C. D., J. A. Nevares Z., N. Silvas R., G. A. Gaxida G., L., Castro H., G.A. Velázquez E. y G. Nepzual, 1991. Epidemiología de *Alternaria solani* (Ell y G.Martin) Jones y Grount, causante del tizón temprano del tomate, en el valle de Culiacán, Sinaloa. Memorias XVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Puebla de los Angeles Puebla, México, 72 p.
- Pelletier, W. T and Fry, W. E. 1990. The importance of the perfect stage of *Phytophthora infestans* from the stand point of epidemiology and adaptation In Fungal Diseases of the Potato Report of the Blanning Conference of Fungal of The Potato Held at. CIP, Lima september 21-25.
- Perez, U. G., Charles, C. G. E., Bustamante, G. M.; Cepeda, S. M.; Charles, C. J. 1997. Guía técnica del cultivo de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 44 p.
- Reyes, C. P 1980. Bioestadística aplicada. Primer edición. Editorial Trillas. México D.F. 217p.
- Rojas, A. M. 1974. Prueba de un Método de selección de variedades de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) resistentes a *Alternaria carthami* Corda. Emplendo la la pathoxina del hongo. Tesis Maestría. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

- Romero, M. J., 1992. Análisis de rendimiento, sus componentes y su caracterización del sistema radical en introducciones de papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis de Licenciatura U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Rotem, J. 1994. The Genus *Alternaria*. Biology, Epidemiology and Phathogenicity. Aps Press St. Paul, Minnesota, U.S.A. 201-207 pp.
- Rowell, J. B. 1953 Leaf blight on tomato and potato plants. Rhode Island Agr. Exp. Sta. Bull 230-239 pp.
- Salinas, G. S. A. 1979. Evaluación de resistencia de seis variedades de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill., a *Alternaria solani* empleando el filtrado tóxico del hongo. Tesis maestría. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Sanabria, A. N. 1977. Evaluación de resistencia de seis variedades de cártamo *Carthamus tinctorius* L. a *Alternaria carthami* Corda emplendo el filtardo tóxico del hongo. Tesis Maestría. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- SARH. 1994. Reporte sistema-producto papa "Datos básicos". Dirección sistema-producto. Octubre 1994.
- Secretaría de Educación Pública (SEP) 1991. Papa. Manual técnico. Primera Edición. Editorial Trillas. México D.F. 47p.
- Schotwell, L. O. and J. J. Ellis. 1976. *Helminthosporium dreschlera* and *Bipolaris* toxins. Northern Regional Research Laboratoory. Agricultural Research Service. U. S. A. 317-343 pp.

- Stevenson, R. E. and Pennypacker, S. P. 1988. Effect of radiation, temperature, and moisture on conidial germination of *Alternaria solani*. *Phytopathology* 78: 926-930.
- Tal, B., Robeson, D. J., Burke, B.A., and Aasen, A. J. 1985. Phytotoxins from *Alternaria helianthi*: Radicinin, and the structures of deoxyradicinol and radianthin. *Phytochemistry* 24:729-731.
- Tarr, S. A. 1972. Principles of Plant Pathology. Wingchster Press. New York, U. S. A. 632p.
- Templeton, G. E., Grable, C. J., Fulton, N. D., and Bollenbacher, K. 1967. Factor affecting The amount and pattern of chlorosis caused by a metabolite of *Alternaria tenuis*. *Phytopathology* 57:516-518.
- Tietjen, K. G., Schaller, E., and Mater, U. 1983. Phytotoxins from *Alternaria Carthami* Chowdhury: Structural identification and physiological significance. *Physiol. Plant. Pathol.* 23: 387-400.
- Urquijo, L. P., J. Rodríguez, S. y Santaolalla, A. G. 1971. Patología Vegetal Practica. Enfermedades de las plantas. Segunda Edición. Editorial mundi-prensa. España 373 p.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Editorial Limusa S.A de C. V. México D. F. 298p.
- Vázquez, S. J. A. 1996. Selección de genotipos de papa *Solanum tuberosum* L. Resistentes al tizón temprano *Alternaria solani*. Tesis maestría. Programa de graduados U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 73p.

Walker, J. Ch.1973. Patología vegetal.Trad., segunda edición. Ediciones Omega, S. A.,
Barcelona España. 818 p.

Webster, H. S. J. 1982. Plant Protection an Integrated Interdisciplinary Aproach.
The Iowa State University Press. Ames. Iowa. U.S.A. pag. 178 - 183.

Wood, R. K.; Graniti, A. and S. A. Ballio 1972. Phytotoxins in plant diseases.
Academic Press. London, Great Britain. 530p.