

PREVALENCIA DE RAZAS DE *Fusarium oxysporum* f.
sp. *lycopersici* EN PREDIOS TOMATEROS DE VILLA DE
ARISTA, SAN LUIS POTOSÍ, POSIBLES FUENTES DE
RESISTENCIA Y FORMA DE HERENCIA

JOSÉ ANTONIO NEGRETE LEDESMA

TESIS

*Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Grado de:*

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

*Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.
Noviembre, 2013*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

PREVALENCIA DE RAZAS DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* EN PREDIOS TOMATEROS DE VILLA DE ARISTA, SAN LUIS POTOSÍ, POSIBLES FUENTES DE RESISTENCIA Y FORMA DE HERENCIA

POR

JOSÉ ANTONIO NEGRETE LEDESMA

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal



Dr. Alfonso López Benítez

Asesor



Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor



Dr. José Espinoza Velázquez



Dr. Fernando Ruíz Zarate
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila a Noviembre de 2013

Dedicatoria

A mis padres Adelaida Ledezma García y Cecilio Negrete Martínez.

Por la vida que me dieron y me hicieron un hombre de bien con sus buenos consejos, siendo que ellos son la guía de mi vida, ya que a base de su esfuerzo, confianza y sacrificio me permitieron culminar otra etapa de mi preparación y que a pesar de la distancia, de los momentos buenos y malos, nunca dejaron de creer en mí. Por el apoyo que me brindaron, les dedico este trabajo con mucho cariño por darme la oportunidad de que mi sueño se hiciera realidad y que es la mejor herencia que pudiera recibir y por lo cual les viviré eternamente agradecido. Los amo con todo mi corazón.

A MIS HERMANOS: Juan, Fidencio, Leonel, Cecilio, Miguel Ángel, Irma, Martina, Josefina y Lupita, Con mucho respeto, cariño y admiración Por creer en mí, porque siempre conté con su confianza y buenos consejos y que sin esperar nada, lo dieron todo sabiendo que no existiría una forma de agradecer toda una vida de sacrificios y esfuerzos, por estar conmigo en los momentos buenos y en los momentos difíciles de mi vida, quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su apoyo. Los quiero mucho...

A mi novia Brenda Isabel C.G. por estar conmigo en los momentos buenos y malos, por su comprensión y brindarme su cariño, apoyo constante, y su ayuda en este trabajo.

¡Muchas Gracias!

Agradecimientos

Primeramente a **DIOS**: Por darme la oportunidad de vivir y por permitirme tener una gran familia. Por todos los momentos difíciles que he vivido y saber enfrentarlos y que en cada uno de ellos he aprendido la fuerza para vivir mejor. Por verme dado la sabiduría para poder terminar otra carrera más en mi vida. Gracias Dios.

A mi **ALMA MATER**: Universidad Autónoma “Agraria Antonio Narro” por brindarme la herramienta del conocimiento y por las oportunidades que me ha regalado para realizar mis estudios de Maestría en Fitomejoramiento y por todos los momentos dentro de sus instalaciones. **Gracias Narro**.

Al **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONACYT)**. Por brindarme el apoyo económico y darme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al Dr. Alfonso López Benítez. Por su gran apoyo incondicional durante todo el proyecto de investigación y su confianza dada en la realización de este trabajo, por el valioso tiempo dedicado y por haberme brindado todas sus enseñanzas. Muchas Gracias.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante y el Dr. José Espinoza Velázquez por su valioso tiempo y disponibilidad para la revisión del presente trabajo y por todas las sugerencias para mejorarlo y sobre todo por su gran Amistad. Muchas gracias.

A mis maestros del Postgrado en Fitomejoramiento UAAAN: Dr. Froylán Rincón, Dr. Fernando Borrego, Dr. Humberto Reyes, Dr. Jorge González, Dr. Víctor Zamora, Dr. Javier Lozano, Dr. Juan Manuel Martínez, Dr. Alfonso López, Dr. Humberto de León, Dr. José Espinoza entre otros maestros del departamento de Fitomejoramiento como la Dra. Susana Gómez, Dr. Mario Ernesto Vázquez, Dr. Armando Rodríguez, M.C. José Ángel Daniel M.C. Arnoldo Oyervidez y M.C. Roberto Espinoza Muchas gracias por contribuir en mi formación académica y profesional, además de compartir sus experiencias profesionales y brindarme su amistad.

A mis compañeros y amigos de esta institución: Paco, Monse, Huberto, Yadira, Eva, Ines, Rosendo, Juan, Pilar, Diana, Gabriela Mora, Agustín, Javier, Mayra, José Luis, Antonio Morales, Alondra, Nury, Gaby, Julio, Yonis, Alejandro, Lino y Odilón Gayosso. Por todo su apoyo brindado y compartir momentos buenos y malos, además que de alguna forma participaron en mi preparación. Muchas Gracias...

A toda mi familia, compañeros, amigos, maestros a las personas que alguna vez creyeron y confiaron en mí, Mil Gracias a todos. Dios los bendiga por siempre.

Compendio

Prevalencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en predios tomateros de Villa de Arista, San Luis Potosí, posibles fuentes de resistencia y forma de herencia

POR

JOSÉ ANTONIO NEGRETE LEDESMA

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. NOVIEMBRE DE 2013

DR. ALFONSO LÓPEZ BENÍTEZ -- ASESOR--

Palabras clave: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, herencia, inoculación, resistencia, *Solanum lycopersicon* L.

El propósito central de esta investigación fue identificar la presencia de razas de *Fusarium* que afectan la producción de tomate en la región Villa de Arista, San Luis Potosí, México , así como determinar el control genético que pudiera conferir

resistencia a variedades de este importante cultivo. La metodología aplicada inició de una colecta de plantas afectadas por la marchites del tomate en predios variados de la región, diferentes variedades para determinar la presencia de agentes de la enfermedad. Las plantas muestra sirvieron como fuentes de los *Fusarium*, manejadas de acuerdo a metodologías válidas. Los 18 aislamientos colectados produjeron colonias en medio de cultivo PDA y quienes manifestaron micelio y conidios con características morfológicas identificables como *Fusarium oxysporum*. De estos aislamientos, solo ocho confirmaron ser *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, el cual se escribe de manera breve como (Fol). Para identificarlos, se consideró la sintomatología en su hospedante de origen, y las características morfológicas observadas en el medio de cultivo, e. g. color de micelio y forma de los conidios.

Las variedades diferenciales utilizadas para la identificación de las razas de (Fol) mediante pruebas de patogenicidad en invernadero fueron Bonny Best, Manapal, Walter e I3R3. La inoculación se hizo 3 semanas después de la nacencia de las plántulas siguiendo el método de inmersión de puntas de raíz en una suspensión de 1×10^6 conidios ml^{-1} . La identificación de razas mediante pruebas de patogenicidad se realizó también en cajas petri conteniendo medio de cultivo PDA en las que se colocaron las variedades diferenciales previamente inoculadas con el hongo, e incubadas en estufa-horno a 25°C . Los resultados fueron prácticamente los mismos que en las pruebas de patogenicidad conducidas en invernadero. La reacción de los cultivares diferenciales a la inoculación de los patógenos derivados de los ocho

aislamientos afectados por (Fol) permitió identificar la presencia de dos razas del hongo, tres de las cuales correspondieron a la raza 2 y cinco a la raza 3.

Con el propósito de identificar posibles fuentes de resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* se utilizaron 25 diferentes materiales del género *Solanum*, integrado como sigue: nueve cultivares criollos, diez cultivares mejorados y seis pertenecientes a cuatro diferentes especies silvestres de *Solanum*, los cuales fueron infectados con inóculo de esta raza. De todos los materiales probados sólo la variedad I3R3 mostró resistencia a las dos razas 2 y 3; conviene mencionar que I3R3 es una de las variedades utilizadas como diferenciales para este hongo ya que muestra resistencia a las tres razas. Por otra parte, los materiales Walter, *Solanum esculentum* LA477 (86L9441), *Solanum esculentum* LA404 (90L335), *Solanum cheesmanii* LA317 (82L2446), *Solanum L. chilense* LA1958 (89L2835), *Solanum L. chilense* LA1959 (89L2836) mostraron resistencia a la raza 2; *Solanum peruvianum* LA462 (79L4445-4449), *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486), *Solanum pimpinellifolium* LA2184 (87L0413), *Solanum esculentum* cv. Motelle LA 2823 (87L0382) mostraron resistencia a la raza 3. Los 14 restantes resultaron susceptibles a las dos razas.

En el estudio de la herencia sobre resistencia a la raza 3 de Fol, es decir, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, se utilizaron como progenitores resistentes los materiales I3R3 y *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486), y como progenitores susceptibles los materiales D6, D10, IR14, Manapal y Walter. Las progenies F₁ resultantes de las cruces resistente por resistente, así como las resultantes de

resistente por susceptible mostraron resistencia a la marchitez por *Fusarium*, indicando que la resistencia en estos materiales está en condición dominante. Las progenies F₁ resultantes de progenitores susceptible por susceptible resultaron tan susceptibles como sus progenitores, indicando una condición de homocigosis para la respuesta a Fol. En las generaciones F₂ derivadas de las cruzas de progenitores resistentes por susceptibles, se obtuvieron proporciones mendelianas de herencia simple, con una proporción fenotípica de “plantas resistentes: plantas susceptibles” de 3:1 (X^2 , 1 g. l. > 0.05). Por otra parte, Las retrocruzas de las generaciones F₁ (provenientes de progenitores “resistentes por susceptibles”) hacia progenitores susceptibles mostraron en todos los casos una segregación en proporción de “plantas resistentes: plantas susceptibles” de 1:1 (X^2 , 1 g. l. > 0.05). Lo cual, de acuerdo con las pruebas de X^2 es consistente con la hipótesis de que en ambos casos la resistencia es esta controlada por un gene mayor, alelo dominante como normal o resistente, dominante sobre el alelo mutante, recesivo, que en homocigosis permite la marchitez vascular del tomate.

ABSTRACT

Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* prevalence on tomato farms in Villa de Arista, San Luis Potosi. Inheritance and possible resistance sources

BY

JOSÉ ANTONIO NEGRETE LEDESMA

MASTER OF SCIENCE
IN PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. NOVEMBER, 2013

DR. ALFONSO LÓPEZ BENÍTEZ - Advisor-

Key words: *Solanum lycopersicon* L., *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*,
Inoculation, Resistance, Inheritance.

The aim of this research was to determine the prevalence of *Fusarium* races in tomato crops at Villa de Arista, San Luis Potosi, Mexico, and to find out the disease genetic control for varieties resistance identification as well. The methodology applied started with collecting productive plants affected by the tomato wilt, across farms,

different varieties in order to situate the disease agent. The collecting work reached 18 isolates having *Fusarium* wilt symptoms which in turn produced cultures on PDA plates with characteristic morphological traits like mycelium and conidia of *Fusarium oxysporum*. However, only eight of the isolates were confirmed as *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Their identification was done by symptoms on the original plant host and morphological traits on culture media characteristics of this pathogen. The differential cultivars utilized for pathogenic tests under greenhouse conditions were the following: Bonny Best, Manapal, Walter and I3R3. The inoculation was done 3 weeks after seedling's emergency following the immersion method of root tips in a 1×10^6 spore/ml inoculum concentration. Pathogenicity tests for race identification were also performed by sowing inoculated differential cultivar seeds on culture PDA media in petri dishes and then placing them in a growth chamber at 25°C. The results were the same as those in the greenhouse pathogenicity tests. The differential cultivars reaction to inoculation of the isolates indicated the presence of two races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, two of which refers to race 2 and five to race 3.

To identify possible sources of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3, an experiment was run through out the inoculation of 25 different materials of *Solanum* spp. The methodology applied was the same as the one used for races identification. Out of those materials, I3R3 was the only one that showed resistance to both races 2 and 3. As it can be seen, this variety is one of the differential cultivars for test for (Fol) races and it is generally known its resistant condition to the

three (Fol) races. *Solanum esculentum* LA477 (86L9441), *Solanum esculentum* LA404 (90L335), *Solanum cheesmanii* LA317 (82L2446), *Solanum L. chilense* LA1958 (89L2835), *Solanum L. chilense* LA1959 (89L2836) showed resistance only to race 2. *Solanum peruvianum* LA462 (79L4445-4449), *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486), *Solanum pimpinellifolium* LA2184 (87L0413), *Solanum esculentum* cv. Motelle LA 2823 (87L0382) showed resistance solely to race 3. The other 14 materials out of 25 were susceptible to both races 2 and 3.

To study the inheritance of the resistance to race 3 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, the materials I3R3 and *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486) on one hand were used as resistant progenitors and on the other hand, the varieties D6, D10, IR14, Manapal and Walter, were used as susceptible progenitors. The F₁ progenies from resistant x resistant, and resistant x susceptible crosses, came to be showed resistance to (Fol) race 3, indicating that the allele for resistance in these materials is dominant. To the contrary, F₁ progenies derived from crosses susceptible x susceptible progenitors came to be susceptible as their parents, indicating a recessive homozygosis condition. Generations F₂ from crossings resistant x susceptible showed Mendelian proportions of simple inheritance with phenotypic proportions of 3 resistant plants to one susceptible plants. Back crosses of F₁ generations from resistant x susceptible progenitors crossed to a susceptible progenitor, showed always a segregating proportion of 1:1 (resistant plants: susceptible plants). The X² tests confirmed the acceptance of these two hypothesis, giving the support to state that resistance to (Fol) race 3 is controlled by a dominant gene.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen e historia del tomate.....	4
Importancia económica del cultivo.....	5
Clasificación taxonómica.....	5
Marchitamiento vascular del tomate por <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Fol).....	6
Sintomatología	6
Ciclo biológico	7
Identificación de razas de <i>Fusarium</i>	8
Fuentes de resistencia a <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Fol)	9
Mejoramiento genético para resistencia a enfermedades en tomate	11
Pruebas estadísticas para evaluar variables discretas	12
Metodología de la prueba de X^2	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Ubicación del estudio.....	14
Material Genético	14
Patógeno.....	17
Muestreo de plantas enfermas.....	17
Aislamiento, purificación e incremento del agente causal	17

Identificación de razas de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> mediante pruebas de patogenicidad en cultivares diferenciales.....	18
Materiales de tomate (<i>Solanum</i> sp.) a evaluar por su reacción a <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	20
Herencia de la resistencia a la raza 3.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIONES	22
Identificación de razas de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> mediante pruebas de patogenicidad en cultivares diferenciales.....	22
Reacción de diferentes materiales genéticos de tomate (<i>Solanum</i> sp.) a las razas 2 y 3 de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> aisladas de cultivares de tomate en Villa de Arista, San Luis Potosí.....	26
Herencia de la resistencia a la raza 3.....	31
CONCLUSIONES	34
LITERATURA CITADA	35

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Cultivares diferenciales para la identificación de razas fisiológicas de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> . Su reacción y razas de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	15
Cuadro 2. Materiales genéticos de tomate (<i>Solanum sp.</i>) a evaluar por su reacción a <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	16
Cuadro 3. Solución nutritiva en 200 Litros de H ₂ O.....	19
Cuadro 4. Reacción de los cultivares diferenciales para ocho aislamientos de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> colectados en Predios tomateros en la región de Villa de Arista, San Luis Potosí. 2012.....	24
Cuadro 5. Reacción de 25 materiales genéticos a las razas 2 y 3 de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> procedente de predios tomateros en la región de Villa de Arista, San Luis Potosí. 2012.....	30
Cuadro 6. Reacción de los progenitores, segregación de la generación F ₂ y retrocruzas a la raza 3 de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	32

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicon* L.) es una de las especies hortícolas más importantes en nuestro país por la superficie sembrada y la producción obtenida. Es el segundo producto hortofrutícola en importancia mundial (Ascencio, 2006).

Esta hortaliza se cultiva en diversos países, y hasta el 2011 el mayor productor fue China seguido de la India, Estados Unidos, Turquía y Egipto, los cuales produjeron poco más del 50% de la producción mundial. México se ubica como el país número 11 en la producción a nivel mundial, siendo los principales estados productores Sinaloa, Michoacán, Zacatecas, Baja California, Nayarit y Veracruz, y a menor escala Baja California Sur, Morelos, Jalisco y San Luis Potosí (FAO, 2012). Este último, con 2, 115 ha, sembradas y un rendimiento promedio de 52.34 t ha⁻¹, superando a la media nacional, representa solo el 3.9 % de la superficie tomatera nacional (SIAP, 2012). Sin embargo, debido a problemas fitosanitarios por plagas y enfermedades, los productores están cambiando a otros cultivos. El principal problema fungoso del cultivo en esta región, ha sido el marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) debido a las grandes pérdidas en rendimiento y mala calidad del fruto. Este patógeno se caracteriza por su potencial destructivo, su facilidad de propagación local y persistencia en el suelo. Esta enfermedad ha sido identificada como una de las más devastadoras en todas las regiones del mundo donde se cultiva tomate (Marlatt, *et.*

al., 1996). Hasta ahora se han identificado tres razas de este hongo, la raza 1, 2 y 3 (Alexander y Tucker, 1945). El conocimiento del patógeno y de sus razas fisiológicas es un aspecto importante para el manejo de la enfermedad o para entender el comportamiento de las variedades cultivadas (Grattidge y Brien, 1982). Además la determinación y el conocimiento de las razas fisiológicas del patógeno en una región, permiten al productor elegir las variedades más convenientes. Las razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* pueden ser diferenciadas por pruebas de patogenicidad, utilizando cultivares de tomate con distintos genes para resistencia. La existencia de la raza 1 fue descrita por primera vez en 1886 (Bohn y Tucker, 1940) y la resistencia a esta raza fue encontrada en el locus 1 de *Lycopersicum pimpinellifolium* PI-79532 (Bohn y Tucker, 1940), la raza 2 fue identificada inicialmente en 1945 en Ohio (Alexander y Tucker, 1945) y la resistencia a esta nueva raza se encontró en el nuevo locus (1-2) del híbrido natural *L. esculentum* por *L. pimpinellifolium* PI-126915 (Alexander y Hoover, 1955). La raza 3, capaz de atacar los cultivares con los locus 1 y (1-2) fue identificada en Queensland, Australia en 1978 (Grattidge y Brien, 1982). Posteriormente, esta raza se ha observado en Estados Unidos de Norte América (Davis, et., al, 1988) (Marlatt et, al., 1996); (Bost, 2001) en México (Valenzuela-Ureta, et. al., 1996). La fuente de resistencia a esta nueva raza se encontró en la especie silvestre *Lycopersicum pennellii* P1414773 designando al locus que la controla (1-3) (McGrath, 1988). Sin embargo, en México son pocos los estudios que indiquen qué razas de este patógeno existen en las diferentes regiones tomateras del país, a pesar de que el tomate es la especie hortícola de más amplia distribución en el país, pues se cultiva en 30 de las 32 entidades del país bajo una variedad de condiciones de clima y

de cultivo. Tampoco se tienen reportes sobre trabajos de búsqueda de fuentes de resistencia a la marchitez vascular ni su forma de herencia. Con la finalidad de reducir las pérdidas económicas debidas a esta enfermedad, los productores aplican un gran número de productos químicos, lo que incrementa los costos de producción y la contaminación ambiental y considerando que la utilización de cultivares mejorados resistentes es el método más seguro, barato y práctico para combatir enfermedades, particularmente las del suelo. En este trabajo se plantean los siguientes objetivos:

Objetivos

- Identificar las razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* prevalentes en variedades cultivadas en predios tomateros de la región de Villa de Arista, S.L.P., México.
- Identificar posibles fuentes de resistencia a la enfermedad en genotipos de *Solanum* spp.
- Determinar el control genético de la resistencia en los genotipos resistentes.

Hipótesis

- En los predios productores de tomate en Villa de Arista S.L.P. se encuentran las tres razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causando la marchitez por *Fusarium*.
- En los materiales evaluados para resistencia a la enfermedad existen genes para resistencia.
- El control genético de la resistencia está dado por genes mayores.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e historia del tomate

El tomate es originario de América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile (Warnock, 1991). Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México. El nombre de jitomate procede del náhuatl xictli, ombligo y tomatl, tomate, que significa tomate de ombligo (Williams, 1990). La planta es de porte erecto o semierecto, arbustivo, cultivo de tipo anual ó multianual. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas). El fruto es una baya ovalada, redonda o periforme. Su tamaño va desde pequeños frutos del tamaño de una cereza, hasta enormes frutos de 750 g. A la llegada de los europeos a este continente, el tomate había alcanzado una fase de domesticación sorprendentemente avanzada, caracterizada por una variedad grande de tipos, forma, tamaño, color, sabor, etc. (Nuez, 1995).

Importancia económica del cultivo

El tomate es la principal hortaliza cultivada en todo el mundo tanto a cielo abierto como en invernadero, es una de las especies hortícolas más importante de nuestro país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera. Como alimento, es considerado una fuente importante de antioxidantes y nutrientes. Este se consume en fresco o bien como materia prima para la agroindustria. En México la superficie sembrada es de 53,780.18 ha⁻¹, con una producción de 1,872,481.69 t, y una producción media de 41.67 t ha⁻¹ (SIAP, 2011). México es el exportador más importante a nivel mundial de esta hortaliza (FAO, 2012).

Clasificación taxonómica

Se ha propuesto un cambio en la nomenclatura del genero *lycopersicon esculentum* Mill., pasa a denominarse *Solanum lycopersicom* L. (Peralta, et. al., 2005).

Reino----- Metaphyta

División-----Magnoliophyta

Clase-----Magnoliopsida

Orden-----Solanales

Familia-----Solanaceae

Genero-----*Solanum*

Especie-----*lycopersicon*

Marchitamiento vascular del tomate por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol)

Sintomatología

Externamente los síntomas comprenden decoloración de las hojas más viejas hasta extenderse a todas las hojas. Al realizar un corte transversal en el tallo se puede observar muerte vascular de color café en forma de anillo, conforme avanza la enfermedad. En las raíces y los tallos se presenta una pudrición negra particularmente sobre las raíces más pequeñas, acelerando el marchitamiento de la parte aérea de la planta. (Castellanos, 2009).

Las hojas se tornan amarillas y la parte superior de la planta se enrolla hacia abajo. En estados posteriores la planta se marchita parcial o totalmente, se amarilla y finalmente muere. Mientras progresa la enfermedad, el crecimiento es lento y hay poca producción (Cepeda, 2009). Este patógeno puede sobrevivir en el suelo durante seis años en restos de cultivo (Gonzalez, 2006). La infección también se realiza a través de heridas en raíces creciendo en suelo infectado. El hongo invade y se instala en el sistema vascular. Otra forma de infección de este hongo es por medio de semillas infectadas y puede llegar de esta manera a lotes nuevos. La maquinaria, viento y agua son otros vehículos de traslado.

Ciclo biológico

El ciclo de la enfermedad ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* se inicia con la presencia del inóculo en el suelo ó residuos de cosecha. El inóculo es constituido por hifas, esporas o clamidosporas que germinan cuando son activadas por los exudados producidos en las raíces fibrosas del tomate. La marchitez del tomate se debe a que el hongo invade la planta bien sea de forma activa a través de las raíces o pasivamente a través de orificios en la zona callosa de esquejes jóvenes. Después de la penetración el patógeno se desarrolla dentro del sistema vascular de la planta. Los vasos, en especial del xilema son bloqueados y destruidos de manera que el transporte del agua y nutrientes del agua se dificulta, lo que conduce al marchitamiento parcial o total de la planta. El micelio que desarrolla en las lesiones de la base del tallo, genera gran cantidad de conidios que son diseminados por el viento y el agua para iniciar nuevos puntos de infección.

Los patógenos se adaptan mediante algún mecanismo de variación a sobrevivir en determinado clima y determinado hospedero, por lo que pueden generar nuevos variantes patogénicos con nueva capacidad de virulencia para poder sobrevivir. Se sabe que los patógenos están constituidos por razas fisiológicas y que éstas pueden aparecer después de la introducción de nuevos cultivares resistentes, como es el caso de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Agris, 2004). Para identificar las razas fisiológicas de una forma especial se utilizan juegos de variedades diferenciales (Garcés, 2001).

Hasta ahora se han reportado tres razas fisiológicas de este patógeno. La raza 1 es la más ampliamente distribuida y se ha encontrado en la mayoría de las áreas geográficas. Aunque la raza 2 fue reportada por primera vez en Ohio en 1940, su incidencia no llegó a ser generalizada o de interés económico hasta que fue descubierta en Florida en 1961, año en que causó grandes pérdidas económicas (Gale *et. al.*, 2003). Desde entonces, se reportó su presencia rápidamente en varios de los estados de la unión americana y en varios otros países. La raza 3 fue observada en Australia en 1978 y posteriormente, se encontró en varios estados de EE.UU (Cai *et. al.*, 2003). Sin embargo, en México son pocos los reportes sobre trabajos de búsqueda de fuentes de resistencia a la marchitez vascular, aunque ya se ha reportado su presencia en Sinaloa (Ascencio-álvarez *et. al.*, 2008), en Morelos (Ortega, 2010) y en San Luis Potosí (Hernández, 2013). Esto es preocupante ya que los rendimientos disminuyen significativamente por que en la actualidad, hay pocas variedades comerciales con resistencia, particularmente a la raza 3, disponibles en México.

Identificación de razas de *Fusarium*

La identificación se realiza mediante un grupo de líneas de tomate diferenciales que tengan genes de resistencia o susceptibilidad a las razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Se realizan las inoculaciones en plántulas de líneas diferenciales de 18 a 20 días después de la siembra, cortando la punta de la raíz y sometiendo las plántulas al inóculo aislado de cepas de Fol. durante 1 a 3 minutos. Se trasplantan en sustrato y se evalúan a los 20 días después de la inoculación, de esta manera en la región de

Zhejiang se identificó la raza 2 de Fol. (Zhihao *et. al.*, 2000). En Brasil a partir de siete aislamientos evaluados se informó por primera vez la presencia de raza 3 (Reis *et. al.*, 2005). El brote de Fol. en Brasil se produjo por medio de contaminación de semillas infectadas, por lo tanto, el primer informe oficial de la raza 3 en el Estado de Río de Janeiro, y la ampliación del ámbito geográfico de este patógeno, se reportó 2 años después (Reis y Boiteux, 2007).

Las razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* se determinan con base en la capacidad de ciertas cepas individuales para abatir genes *I* específicos para resistencia, lo cual significa la presencia de genes para avirulencia en el hongo, que son reconocidos por productos sintetizados por los correspondientes genes *I* de los cultivares resistentes (Keen, 1990). En México, se ha detectado la presencia de las razas 1, 2 y 3 de Fol en Sinaloa (Ascencio-Álvares, *et. al.*, 2008). También en el valle de Culiacán Sinaloa se identificaron las razas 2 y 3, (Carrillo-Fasio *et al.*, 2003). En el estado de Morelos se tiene reporte de la presencia de las razas 2 y 3 (Ortega, 2010). En el estado de San Luis Potosí se identificaron las razas 2 y 3 (Hernández, 2013).

Fuentes de resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol)

Se ha encontrado en varias especies de cultivos, resistencia monogénica contra formas patogénicas específicas para algunos de esos cultivos llamadas formas especiales (f. sp.) de *Fusarium oxysporum*. En tomate, los genes para resistencia a la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* son llamados

genes *I* (inmunidad). De estos, los genes *I*, 1-2, 1-3 han sido obtenidos e introducidos a cultivares comerciales (Huang y Lindhout, 1997). El reconocimiento de una raza de Fol, causante de la colonización del xilema, dada por un gen *I* induce una respuesta de defensa en las células de contacto del xilema, esta respuesta principalmente involucra deposición de calosa, acumulación de compuestos fenolicos y formación de tilosis en las células infectadas (Beckman, 2000).

Se han identificado fuentes de resistencia genética para muchas de las enfermedades de importancia económica en especies silvestres. En tomate, Rick, (1990) reporta resistencia a una amplia variedad de enfermedades obtenida de materiales silvestres de *Solanum* spp. La resistencia a la raza 1 fue encontrada en el locus 1 de *Lycopersicon pimpinellifolium* PI-79532 (Bohn y Tucker 1940) y la resistencia a la raza 2 se encontró en el nuevo locus (1-2) del híbrido natural *L. esculentum* por *L. pimpinellifolium* PI-126915 (Alexander y Hoover, 1955). Mc Grath *et al.*, (1988) indica que la resistencia a esta nueva raza se encontró en la especie silvestre *Lycopersicon pennellii* P1414773 designando al locus que la controla (1-3). Se evaluó un germoplasma de tomate de 98 líneas y se encontraron 21 líneas con genes de resistencia a Fol para la región de Irán (Fassihiani, 2005). En México, Ascencio (2006) evaluó 48 genotipos de tomate para resistencia a Fol y encontró 4 fuentes de resistencia a Fol raza 3, recomendando estas líneas para un programa de mejoramiento utilizándolas como parentales, cruzándolas con un genotipo que tengan buenas características.

Mejoramiento genético para resistencia a enfermedades en tomate

La forma más simple de incorporar genes de resistencia a enfermedades, es el método de retrocruzas, el cual se utiliza para mejorar una línea deficiente en uno o dos caracteres y permite la transferencia de uno o dos genes de herencia simple donde utilizamos como madre la línea que necesita ser mejorada y el padre es el que actúa como donante del carácter deseado, esta aplicación es útil para transferir genes de resistencia a enfermedades atribuida al uno o unos pocos genes mayores (Bailey, 1999).

El uso de materiales resistentes es el método más importante para controlar enfermedades. En México se comercializan cultivares que presentan resistencia a la raza 1 ó razas 1 y 2 de Fol. Sin embargo para hacer una buena selección del material es muy importante tomar en cuenta el tipo de clima donde vamos a producir ya que, el patógeno se desarrolla mejor en climas de condiciones de alta humedad del suelo y una temperatura entre los 25 y 30°C., también de acuerdo al hospedero. En México las semillas que se comercializan provienen de empresas extranjeras (Ascencio-Álvarez *et. al.*, 2008). Son pocos los materiales genéticos disponibles con resistencia a la raza 3, por esta razón la producción de tomate en México disminuye. En la región de Yucatán, Morelos y México, se realizaron cruzas a partir de accesiones de jitomate criollo riñón con resistencia de tipo cuantitativa a *Fusarium oxysporum* con un genotipo comercial (Río Grande) que fue el progenitor masculino, se evaluaron los híbridos de acuerdo a resistencia a la enfermedad y el resultado fue que los genotipos tuvieron rendimientos

más altos en respuesta a su mayor resistencia de la enfermedad (Guzmán, 2007). (Hernández, 2013) A partir de 8 líneas de tomate formó los híbridos y los evaluó en F₂ y encontró que la curva de crecimiento de la enfermedad (ABCDE) fue progresando más lentamente en algunas cruzas que en otros.

Pruebas estadísticas para evaluar variables discretas

Un diseño para evaluar variables discretas, son las pruebas de ji (X^2) cuadrada. Que es una prueba en que se toman en cuenta el tamaño de la muestra y las desviaciones de la proporción esperada (Gardner, 1988).

La prueba de (X^2) cuadrada constituye esencialmente un mecanismo mediante el cual las desviaciones de una proporción hipotética se reducen a un valor simple basado en el tamaño de la muestra. Esto permite al investigador determinar la probabilidad de que ocurra aleatoriamente cierta suma de desviaciones y a evaluar el mecanismo de segregación y el número de genes que controlan una característica de una cruce a través de las generaciones.

Metodología de la prueba de χ^2

La prueba estadística se utiliza para comparar proporciones independientes en diseños de estudio con variables cualitativas. La frecuencia esperada de que ocurra un evento se compara con la frecuencia observada. (Gardner, 1988) dice que para cada valor se indica la frecuencia absoluta observada (O_i). A continuación, y suponiendo que la hipótesis nula es cierta, se calculan para cada valor, la frecuencia absoluta que cabría esperar o frecuencia esperada ($E_i = n \cdot p_i$, donde n es el tamaño de la muestra y p_i la probabilidad del i -ésimo valor o intervalo de valores según la hipótesis nula). El estadístico de prueba se basa en las diferencias entre la O_i (Observado) y E_i (Esperado) y se define como:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó durante el periodo 2011-2013 en el laboratorio de Patosistemas vegetales e invernadero siete del departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, al sur de Saltillo, Coahuila, México, entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.

Material Genético

Los materiales utilizados como variedades diferenciales para identificar las diferentes razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) fueron cuatro líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Cuadro 1). Se utilizaron también un grupo de diferentes materiales de *Solanum* para evaluar como posibles fuentes de resistencia al patógeno, (Cuadro 2).

Cuadro 1. Cultivares diferenciales para la identificación de razas fisiológicas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Su reacción y razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

No. Línea	Línea	Gen de Resistencia
1	Bonny Best	Sin genes de resistencia
2	Manapal	Resistencia a Raza 1
3	Walter	Resistencia a Raza 1 y 2
4	I3R3	Resistencia a Raza 1, 2 y 3

Cuadro 2. Materiales de tomate (*Solanum* sp.) a evaluar por su reacción a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Progenitor	Habito	Tipo de Fruto	Origen
I3R3	Indeterminado	Saladet	México
Walter	Indeterminado	Bola	USA
Manapal	Indeterminado	Saladet	USA
D1	Indeterminado	Bola	México
D6	Determinado	Bola	México
D10	Indeterminado	Bola	México
IR13	Indeterminado	Saladet	México
IR14	Indeterminado	Saladet	México
<i>Solanum peruvianum</i> LA462 (79L4445-4449)	Indeterminado	Bola	Chile
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486)	Indeterminado	Bola	Perú
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA2184 (87L0413)	Indeterminado		Perú
<i>Solanum esculentum</i> LA473 (90L3543)	Determinado	Bola	Perú
<i>Solanum c esculentum</i> LA477 (86L9441)	Determinado	Bola	Perú
<i>Solanum esculentum</i> LA404 (90L335)	Determinado	Bola	Perú
<i>Solanum cheesmanii</i> LA317 (82L2446)	Indeterminado	Bola	Ecuador
<i>Solanum chilense</i> LA1958 (89L2835)	Indeterminado	Bola	Perú
<i>Solanum chilense</i> LA1959 (89L2836)	Indeterminado	Bola	Peru
<i>Solanum esculentum</i> LA468 (83L4649)	Determinado	Bola	Chile
<i>Solanum esculentum</i> LA134C (90L3516)	Determinado	Bola	Perú
<i>Solanum esculentum</i> LA409 (90L3536)	Determinado	Bola	
<i>S. esculentum</i> cv. Motelle LA 2823 (87L0382)			USA
<i>S. esculentum</i> LA.473 (90L3543)			Perú
<i>S. esculentum</i> LA.1162 (89L2530)			Bolivia
<i>S. esculentum</i> LA 358 (90L3531)			Colombia
<i>L. chmielewskii</i> LA.1306 (87L0617)			

Patógeno

Muestreo de plantas enfermas

Se realizaron colectas de tallo en plantas con síntomas de marchitez por *Fusarium* los días 21 al 23 de junio de 2012, en nueve lotes de productores de la región tomatera de Villa de Arista, S.L.P., en diferentes variedades comerciales de tomate; las variedades muestreadas fueron Rio Grande, Aníbal, Raffaello, Cuauhtémoc, Maradona, China, Sprigel, KWTB-01, KWTB-02, 7105, Sweetheart, El Cid, Lezaforta, Rafaela, Imperial, Loreto, Vengador y Moctezuma. Obteniendo muestras de cada variedad para un total de 18 muestras. Se depositaron en bolsas de plástico y fueron etiquetadas con los datos de fecha, lugar, tipo de muestra, etc. y se transportaron en una hielera al laboratorio de Patosistemas Vegetales del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para aislar el agente causal del marchitamiento vascular en medio de cultivo Papa, Dextrosa Agar (PDA).

Aislamiento, purificación e incremento del agente causal

De las muestras colectadas se tomaron fragmentos longitudinales de 5 mm de tallos con síntomas de la enfermedad que fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2% por un minuto y lavados después con agua destilada estéril, secados y transferidos asépticamente a cajas de Petri con medio de cultivo PDA e incubados a 25 °C por 7 días. Los aislamientos obtenidos fueron posteriormente sub-cultivados en PDA, para producir los cultivos puros mediante puntas de micelio que serían utilizados después

para su identificación, incrementación y pruebas de patogenicidad. La identificación de los aislamientos como *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, se hizo considerando la sintomatología observada en plantas de tomate y la observación de sus características morfológicas, como color de la cepa del hongo en el medio de cultivo, tipo de micelio y presencia de microconidios, macroconidios y clamidosporas (Summerell, *et. al.*, 2003).

Identificación de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* mediante pruebas de patogenicidad en cultivares diferenciales

Las variedades diferenciales que se utilizaron para las pruebas de patogenicidad e identificar las razas fueron Bonny Best, susceptible a las tres razas; Manapal, resistente a la raza 1 debido a la presencia del locus 1, pero susceptible a la raza 2; Walter, resistente a razas 1 y 2 debido a la presencia de los loci 1 y 1-2, pero susceptible a la raza 3; y I3R3, resistente a las razas 1, 2 y 3 probablemente debido a la presencia del locus 1-3. Estas variedades diferenciales fueron proporcionadas por el Dr. John Paul Jones, del Instituto de Ciencias para la Agricultura y la Alimentación de la Universidad de Florida. Fueron sembradas en invernadero en charolas de poliestireno de 200 celdas conteniendo de "peat moss" (Premier, Pro-mix. Pgx. Professional). Cuando las plántulas tenían de 15 a 20 días de emergidas, se inocularon siguiendo el método de inmersión de puntas de raíz (Williams, 1981), se sacaron con cuidado de las celdas de las cajas y con un suave chorro de agua se eliminó el exceso de sustrato teniendo cuidado de mantener íntegras las raíces, se cortaron con tijeras aproximadamente dos centímetros de la punta de las raíces y se sumergieron por

separado durante dos minutos en una suspensión de 1×10^6 conidios por ml de cada uno de los aislamientos. Cada aislamiento se inoculó en cinco plántulas de cada una de las diferenciales. Los conidios fueron producidos en medio de cultivo líquido Papa-Dextrosa. Después de la inoculación, las plántulas fueron trasplantadas a vasos de plástico de 1/2 L de capacidad conteniendo suelo estéril, manteniéndose en el invernadero por 25 días a una temperatura de $25 \pm ^\circ\text{C}$ hasta que fue evaluada la respuesta a la inoculación, utilizando una escala del 1 al 5 según Marlatt, (1996) donde 1 = Sin síntomas, 2 = Ligera clorosis, ligero marchitamiento y ligero achaparramiento, 3 = Moderada clorosis, Moderado marchitamiento y Moderado achaparramiento, 4 = Severa clorosis, marchitamiento y achaparramiento, 5 = Planta muerta. Las plantas con un registro promedio mayor de 2 fueron consideradas como susceptibles. Con objeto de evitar clorosis por deficiencias de nutrientes que pudieran confundirse con la clorosis causada por el hongo, se aplicó semanalmente la fórmula de fertilizantes siguiente:

Cuadro 3. Solución nutritiva en 200 Litros de H₂O

Quelato de fierro	28 g
Urea	14 g
Fosfato de Amonio	28 g
Sulfato de Potasio	84 g
Sulfato de Magnesio	84 g
Sulfato de Amonio	28 g
Proquelato de Manganeso	28 g
Nitrato de Calcio	280 g
Pisca de Bórax	

Materiales de tomate (*Solanum* sp.) a evaluar por su reacción a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Se inocularon 25 diferentes materiales de *Solanum* sp. (Cuadro 1) entre los que se tenían nueve cultivares criollos, 10 cultivares mejorados, y seis pertenecientes a cuatro diferentes especies silvestres de *Solanum*. Las variedades diferenciales se incluyeron como testigos y cuya reacción a las razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* es conocida. La siembra, trasplante e inoculación se hizo de la misma manera anterior, solo que en este caso se inocularon cinco plántulas de cada material genético con cada una de las razas identificadas, trasplantando luego las cinco plántulas a una maceta de plástico de 20 cm de diámetro. El manejo posterior fue el mismo que se utilizó en las pruebas de patogenicidad en los cultivares diferenciales. La evaluación de la respuesta a la inoculación se hizo de acuerdo a la escala de Marlatt *et. al.*, (1996) Las variedades con un registro promedio superior a 2 fueron consideradas como susceptibles.

Herencia de la resistencia a la raza 3

Con objeto de determinar los genes involucrados en la resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en los materiales evaluados, se cruzaron los materiales susceptibles Manapal, D6, D10, IR14 y Walter por los materiales resistentes I3R3, *Solanum peruvianum* LA 462 (79L4445-4449), *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486), *Solanum pimpinellifolium* LA2184 (87L0413) a esta raza. Estos materiales

se sembraron en charolas de poliestireno y después de tres semanas de la nacencia, se trasplantaron macetas de plástico de 20 cm de diámetro conteniendo suelo estéril, donde se mantuvieron durante todo el ciclo de las plantas. Los cruzamientos se realizaron en invernadero utilizando los materiales susceptibles como hembras y los materiales resistentes como progenitores masculinos. Los frutos maduros de las cruizas se cosecharon para obtener la semilla F_1 . Para obtener la generaci3n F_2 , y Retrocruizas al progenitor susceptible, los botones florales de las plantas F_1 obtenidas, se cubrieron con pequeños sobres de papel glacin para forzar la autofecundaci3n evitando contaminaci3n de polen extraño, así como para emasculiar y polinizar con polen del progenitor susceptible. Las semillas de las generaciones F_2 , de cada cruzamiento y de las retrocruizas, se sembraron en invernadero en charolas de poliestireno, se inocularon con in3culo de la raza 3 del hongo, 15 a 20 días después de de la emergencia. El método de inoculaci3n, manejo posterior y evaluaci3n de la respuesta a la inoculaci3n se hizo de la misma manera que en las pruebas de patogenicidad anteriores. El número de plántulas inoculadas y evaluadas de cada generaci3n fue de 100. Para el análisis de las proporciones fenotípicas de las generaciones F_1 y F_2 , se realizaron pruebas de ajuste, considerando diferentes relaciones te3ricas de segregaci3n de genes para resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, aceptando la relaci3n de segregaci3n hipotética con el mejor ajuste entre las proporciones esperadas y las observadas, con un nivel de significancia de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Identificación de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* mediante pruebas de patogenicidad en cultivares diferenciales

Todos los 18 aislamientos colectados en plantas de tomate con síntomas de marchitez vascular por *Fusarium* produjeron colonias en medio de cultivo PDA con micelio y conidios con características morfológicas propias de *Fusarium oxysporum* (Summerell *et. al.*, 2003). De estos aislamientos, solo ocho confirmaron ser del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, causando los síntomas característicos de esta enfermedad en estado de plántula como moderada o severa clorosis, achaparramiento o marchitez tres semanas después de la inoculación. Los 10 aislamientos restantes, no causaron ningún síntoma en el cultivar Bonny Best, que es susceptible a las tres razas del hongo. Aparentemente, estos aislamientos son capaces de parasitar pero carecen de patogenicidad (Cai *et. al.*, 2003). Algunos de los aislamientos colectados produjeron colonias en medio de cultivo con micelio de color blanco y otros con diferentes tonos de color guinda. Se observó también variación en el crecimiento del micelio, producción, tamaño y forma de conidios en las mismas condiciones de incubación, indicando variabilidad genética para estas características morfológicas. Esta variabilidad genética, también es evidente en su patogenicidad por la presencia de razas fisiológicas, de las

cuales hasta ahora han sido identificadas la raza 1, (Bohn y Tucker, 1940), la raza 2 (Alexander y Tucker, 1945) y la raza 3. (Grattidge y Brien, 1982). Siendo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* un parásito facultativo, no parece ser una especie de patógeno de amplia capacidad de variación patogénica, pues la aparición de la raza 2 ocurrió cinco años después de la obtención de la primera variedad resistente a la raza 1 (Bohn y Tucker 1940) y la aparición de la raza 3 descrita por primera vez en Australia en 1978, fue 38 años después (Grattidge y O' Brien, 1982). A la fecha, en 73 años, sólo se han descrito tres razas.

De los ocho aislamientos confirmados como *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y a través de la observación de los síntomas característicos de la enfermedad marchitez vascular por *Fusarium*, la reacción de los cultivares diferenciales a la inoculación de estos aislamientos indicó la presencia de dos razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, cinco de las cuales fueron de la raza 3 y tres de la raza 2 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Reacción de los cultivares diferenciales para ocho aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* colectados en predios tomateros en la región de Villa de Arista, San Luis Potosí. 2012

CEPAS	PREDIO	Diferenciales				
		BONY BEST	MANAPAL	WALTER	I3R3	RAZA
1	Agroviva	S	S	S	R	3
2	El 7	S	S	R	R	2
3	El Charquito	S	S	S	R	3
4	El Clerigo	S	S	R	R	2
5	El Sureño	S	S	S	R	3
6	San Juan de bocas	S	S	R	R	2
7	San Julian	S	S	S	R	3
8	Santa Elena	S	S	S	R	3

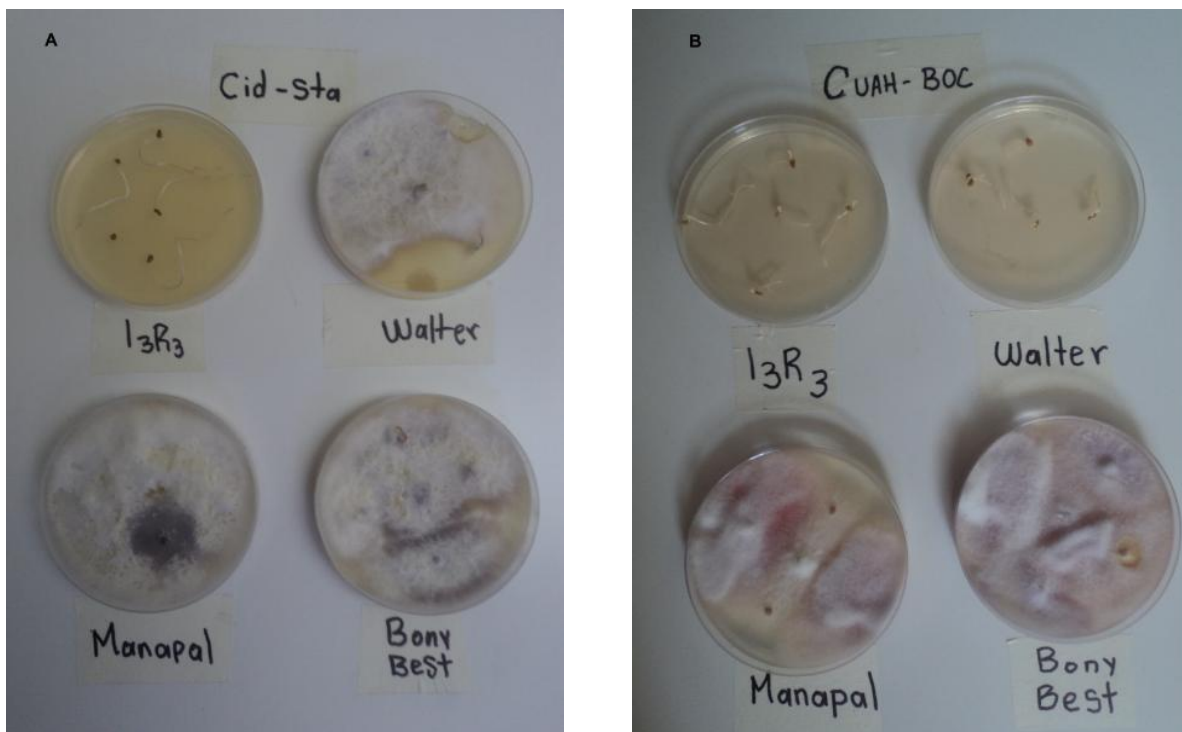
S; Susceptible. R; Resistente

(Hernández, 2013), en el 2012 también identificó estas dos razas mediante pruebas de patogenicidad y reacción de PCR en diferentes variedades cultivadas en invernadero y campo en la misma región. Debe hacerse notar que en la variedad I3R3, resistente a la raza 3, se observaron algunas plantas con ligeros síntomas de la enfermedad inducidos por esta raza, pero por su baja severidad se consideraron como una reacción de resistencia.

Estos mismos resultados se obtuvieron en pruebas de patogenicidad mediante inoculaciones en semillas de los materiales diferenciales en cajas petri con PDA de acuerdo con la técnica de (Apodaca *et. al.*, 2001).

En la figura 1A se observa la reacción de las variedades diferenciales al aislamiento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* obtenido de la variedad comercial El Cid en el predio Santa Elena. Puede apreciarse que tanto las variedades Bony Best, Manapal como Walter presentan son colonizadas por el hongo indicando su susceptibilidad, y sólo la variedad I3R3 presenta resistencia, lo que indica que ese aislamiento corresponde a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. De igual manera la figura 1B presenta la reacción de las variedades diferenciales al aislamiento obtenido de la variedad comercial Cuauhtémoc en el predio San Juan de Bocas, donde se aprecia que ese aislamiento corresponde a la raza 2.

Figura 1A y 1B. Pruebas de patogenicidad en semillas de variedades diferenciales inoculadas con la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*



En México se tienen reportes en varios estados del país donde se ha descrito la raza 3 de este hongo, en el estado de Morelos (Cruz *et. al.*, 2000), en Sinaloa (Carrillo-Fasio *et al.*, 2003; Estrada *et. al.*, 2003; Ascencio-Álvarez, *et. al.*, 2008). En el estado de S.L.P. (Hernández, 2013), encontró la raza 2 y 3. Es importante señalar que la raza 3 se ha encontrado en mayor proporción que la raza 1 y la raza 2, y todavía no se tienen muchas variedades disponibles en el mercado con resistencia a raza 3.

Reacción de diferentes materiales genéticos de tomate (*Solanum* sp.) a las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* aisladas de cultivares de tomate en Villa de Arista, San Luis Potosí

De los 25 materiales evaluados por resistencia a las razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* existentes en la región de Villa de Arista, San Luis Potosí, y exceptuando los cultivares diferenciales, cinco mostraron resistencia a la raza 2 y cuatro a la raza 3 (Cuadro 5). *Solanum esculentum* LA477 (86L9441), *Solanum esculentum* LA404 (90L335), *Solanum cheesmanii* LA317 (82L2446), *Solanum L. chilense* LA1958 (89L2835), *Solanum L. chilense* LA1959 (89L2836) mostraron resistencia a la raza 2 y susceptibilidad a la raza 3. La raza 2 la cual se localiza en locus I- 2 de la especie silvestre *S. pimpinellifolium* PI126915, que a partir de 14 clones 9 mostraron polimorfismo en el cromosoma 11, los resultados indicaron que el marcador RFLP TG105 está estrechamente relacionado con el gen de resistencia a Fol- 2 en el cromosoma 11(Ori *et. al.*, 1994); *Solanum peruvianum* LA462 (79L4445-4449),

Solanum pimpinellifolium LA722 (86L9486), *Solanum pimpinellifolium* LA2184 (87L0413), *S. esculentum* cv. Motelle LA 2823 (87L0382) mostraron resistencia a la raza 3, y susceptibilidad a la raza 2. El gen I- 3 del tomate silvestre *S. pennellii* adhesiones LA716 y PI414773 que confiere resistencia a la raza Fol 3 fue mapeado en el cromosoma 7 y se localiza en una región de 0,3 cm que contiene un marcador RAF EO6 , y un marcador de RGA RGA332 . (Hemming *et. al.*, 2004).

Los cultivares D1, D6, D10, IR13, IR14, *Solanum esculentum* LA473 (90L3543), *Solanum esculentum* LA468 (83L4649), *Solanum esculentum* LA134C (90L3516), *Solanum esculentum* LA409 (90L3536), *S. esculentum* LA.473 (90L3543), *S. esculentum* LA.1162 (89L2530) y *S. esculentum* LA 358 (90L3531) resultaron susceptibles a las dos razas.

El mejoramiento convencional de plantas se basa en selección por el fenotipo de individuos de interés por alguna característica distintiva, en este caso la resistencia a Fol se puede obtener mediante varias métodos cuando ya se tienen fuentes de resistencia. Seleccionados los materiales genéticos con fuentes de resistencia a Fol. (Michael *et. al.*, 2011), utilizo cuatro solanáceas silvestres: *S. mammosum*, *S. hirtum*, *S. marginatum* y *S. sessiliflorum* buscando fuentes de resistencia al patógeno, para ser usadas como patrones de lulo comercial (*S.quitoense*). En el cual *S. hirtum* tuvo el mejor comportamiento en cuanto a las variables altura de plantas, número de ramas, número promedio de frutos y rendimiento.

Guzman, (2007) realizó cruzamientos de jitomate riñón, de Hidalgo, Puebla y Tabasco, con resistencia de tipo cualitativa *Fusarium oxysporum*, que fungieron como receptores, con un genotipo comercial de tipo saladet (Variedad Río Grande), que fue el donador de polen, para obtener híbridos resistentes y con frutos de redonda y lisa. Los genotipos derivados de criollo riñón tuvieron rendimientos más altos, en respuesta a su mayor resistencia, de ahí el potencial para desarrollar nuevas variedades con resistencia horizontal global para las regiones de Morelos y México.

A nivel de selección asistida por marcadores (del inglés Marker-Assisted Selection, MAS) ofrece numerosas ventajas, Los marcadores moleculares se han convertido en poderosas herramientas para hacer posible la determinación de las características genéticas de las plantas y seleccionar por el genotipo, en lugar de por el fenotipo.

La identificación de marcadores de ADN estrechamente vinculados al gen estudiado puede facilitar significativamente la identificación de rasgos deseables en material genéticos y acelerar la selección de plantas para la eliminación de genotipos con genes indeseables. La selección de material de reproducción utilizando marcadores moleculares es cada vez más utilizado en los programas de mejoramiento de tomate, lo que contribuye a la identificación de los genes o facilitando QTL y su transferencia a las especies cultivadas de forma silvestre (Wojciech *et. al.*, 2011)

En la actualidad, hay una falta de QTLs y marcadores moleculares a enfermedades fúngicas de tomate y sigue siendo un problema significativo, para la incorporación de los genes de resistencia utilizando enfoque molecular o mejoramiento convencional.

Cuadro 5. Reacción de 25 materiales genéticos a las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* procedente de predios tomateros en la región de Villa de Arista, San Luis Potosí. 2012

Genotipo	Origen	Razas		Reacción
		2	3	
I3R3	México	R	R	R. razas 2 y 3
Walter	USA	R	S	R. raza, 2 S. raza 3
Manapal	USA	S	S	S. razas 2 y 3
Bony Best	USA	S	S	S. razas 2 y 3
D1	México	S	S	S. razas 2 y 3
D6	México	S	S	S. razas 2 y 3
D10	México	S	S	S. razas 2 y 3
IR13	México	S	S	S. razas 2 y 3
IR14	México	S	S	S. razas 2 y 3
<i>Solanum peruvianum</i> LA462 (79L4445-4449)	Chile	S	R	S. raza 2, R. raza 3
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486)	Perú	S	R	S. raza 2, R. raza 3
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA2184 (87L0413)	Perú	S	R	S. raza 2, R. raza 3
<i>Solanum esculentum</i> LA473 (90L3543)	Perú	S	S	S. razas 2 y 3
<i>Solanum esculentum</i> LA477 (86L9441)	Perú	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum esculentum</i> LA404 (90L335)	Perú	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum cheesmanii</i> LA317 (82L2446)	Ecuador	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum chilense</i> LA1958 (89L2835)	Perú	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum chilense</i> LA1959 (89L2836)	Perú	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum esculentum</i> LA468 (83L4649)	Chile	S	S	S. razas 2 y 3
<i>Solanum esculentum</i> LA134C (90L3516)	Perú	S	S	S. razas 2 y 3
<i>Solanum esculentum</i> LA409 (90L3536)	Ecuador	S	S	S. razas 2 y 3
<i>S. esculentum</i> cv. Motelle LA 2823 (87L0382)	USA	S	R	S. Raza 2, R. raza 3
<i>S. esculentum</i> LA.473 (90L3543)	Perú	S	S	S. razas 2 y 3
<i>S. esculentum</i> LA.1162 (89L2530)	Bolivia	S	S	S. razas 2 y 3
<i>S. esculentum</i> LA 358 (90L3531)	Colombia	S	S	S. razas 2 y 3

R. = Resistente; S. = Susceptible

Herencia de la resistencia a la raza 3

En el Cuadro 6 se presentan las reacciones de los materiales genéticos resistentes y susceptibles a la inoculación con la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Así mismo, se presentan la reacción de generaciones F₁ de las cruzas de susceptibles por susceptibles, resistente por resistente, la generación F₂ de resistente por susceptible y las retrocruzas de las generaciones F₁ de resistente por susceptible por susceptible. Los materiales genéticos utilizados como progenitores resistentes a la raza fueron I3R3 y *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486); y los materiales utilizados como progenitores susceptibles fueron D6, D10, IR14, Manapal y Walter. Las progenies F₁ resultantes de las cruzas resistente por resistente, así como las resultantes de resistente por susceptible mostraron resistencia a la marchitez por *Fusarium*, indicando que la resistencia en estos materiales está en condición dominante. Las progenies F₁ resultantes de progenitores susceptible por susceptible resultaron tan susceptibles como sus progenitores, indicando una condición de homocigosis para la respuesta a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Cuadro 6. Reacción de los progenitores, segregación de la generación F₂ y retrocruzas a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Progenitores	No. Plantas				Prop	X ²	P
	R.	S.					
I3R3	10	0			1:0		
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486)	10	0			1:0		
D10	0	10			0:1		
D6	0	10			0:1		
IR14	0	10			0:1		
Manapal	0	10			0:1		
Walter	0	10			0:1		
Generación F₁ (resist X resist)							
I3R3 X <i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L948)	12	0			1:0		
Generación F₁ (suscpt X suscpt)							
D6 X D10	0	10			0:1		
IR14 X Manapal	0	12			0:1		
Walter X Manapal	0	10			0:1		
Walter X D10	0	10			0:1		
Walter X D6	0	12			0:1		
Generación F₂							
I3R3 X D10	80	88	28	20	3:1	3.44	0.10
I3R3 X D6	79	81	29	27	3:1	0.11	0.01
I3R3 X IR14	70	78	34	26	3:1	2.88	0.05
I3R3 X Manapal	103	105	37	35	3:1	0.09	0.90
I3R3 X Walter	80	78	24	26	3:1	1.40	0.30
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486) X Manapal	70	66	24	28	3:1	0.64	0.50
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486) X D6	67	72	22	17	3:1	0.71	0.70
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486) X IR14	76	80	21	17	3:1	0.83	0.50
F1 X progenitor susceptible							
(I3R3 X Manapal) Manapal	50	44	38	44	1:1	1.37	0.30
(I3R3 X D10) D10	56	47	38	47	1:1	3.07	0.10
(I3R3 X IR14) IR14	38	36	34	36	1:1	0.06	0.90
(I3R3 X Walter) Walter	46	41.5	37	41.5	1:1	0.77	0.50
(<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486) X Manapal) x Manapal	23	21.5	30	21.5	1:1	0.90	0.05

R=Resistente; S=Susceptible; O = observados; E = esperados; Prop. Esp. = Proporción esperada; X² = Valor calculado de Ji cuadrada; p = Probabilidad de un valor mayor de X². Nivel de significancia = 0.05

Las generaciones F_2 derivadas de las cruzas de progenitores resistentes por susceptibles, mostraron una proporción de plantas resistentes a susceptibles de 3:1 en todos los casos, lo cual concuerda con la hipótesis de que la resistencia en estos materiales resistentes obedece a proporciones mendelianas de herencia simple, controlada por un gen en condición homocigota dominante. Estos resultados coinciden con lo descrito por Ascencio-Álvarez (2008) que a partir de 6 genotipos de tomate evaluados, determinó que la herencia de la resistencia fue de tipo mendeliano, con una proporción de tres plantas con resistencia completa dominante por una planta susceptible.

Las retrocruzas de las generaciones F_1 entre progenitores resistentes por susceptibles a progenitores susceptibles mostraron en todos los casos una segregación en proporción de 1:1, lo cual confirma la hipótesis de que la resistencia en los progenitores resistentes está controlada por un gene en condición homocigota y dominante. Estos resultados también coinciden con (McGrath *et. al.*, 1987) que a partir de cruzamientos de *Lycopersicon pennellii*, PI414773, resistente a la raza 2 y 3 de Fol contra Rouge de Marmande, susceptible a las dos razas y Contender resistente a la raza 2, resultando en la segregación F_2 de las cruzas Rouge de Marmande x PI414773 y PI414773 x Contender reveló que la resistencia a la carrera 2 en PI414773 fue controlada por dos genes dominantes independientes, uno de los cuales es alélica con el gen I-2. Las segregaciones en F_2 , y retrocruzas endogámicas derivadas de Contender x PI414773 indicaron que un solo gen dominante confiere resistencia a la raza 3.

CONCLUSIONES

De los 8 aislamientos purificados, recolectados en el estado de San Luis Potosí, 5 corresponden a la Raza 3 de Fol y 3 fueron Raza 2 y no se encontró Raza 1, aunque se observaron síntomas característicos de *Fusarium* en algunas plántulas diferenciales resistentes.

Los 25 genotipos evaluados en respuesta a la inoculación de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* colectados en Predios tomateros en la región de Villa de Arista, San Luis Potosí, se presentaron cinco genotipos resistentes a la raza 2, cuatro genotipos a la raza 3 y los 12 genotipos restantes fueron susceptibles a las dos razas. Los diferenciales I3R3, presentó resistencia a la raza 3, Walter, resistencia a raza 2, Manapal y Bony Best, susceptibilidad a raza 2 y 3 de Fol.

En la evaluación sobre la herencia de la resistencia los genotipos cruzados resistente con resistente tuvieron una proporción 1:0 en la F_1 , los genotipos de cruzas susceptible por susceptible presentaron en la F_1 , proporciones de 0:1. En generaciones F_2 Los genotipos resistentes por susceptibles presentaron proporción 3:1 y las retrocruzadas obtenidas presentaron proporción 1:1, lo cual concuerda que la resistencia de estos materiales resistentes es de herencia simple, controlada por un gen homocigoto dominante.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. (2004). Plant Pathology (5th ed., p. 948). San Diego California, United States of America.
- Alexander, L., and Tucker, C. (1945). Physiological specialization in the tomato wilt fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Agric. Res, (70:303-313).
- Alexander, L.J., and Hoover, M. (1955). Disease resistance in wild species of tomato. Agricultural Experimental Station Research Bulletin, 76p.
- Apodaca-Sánchez, M. Á.; Zavaleta-Mejía, E.; Osada-Kawasoe, S.; García Espinosa, R. (2001). Comparación de Técnicas para Evaluar in vitro la Patogenicidad de *Fusarium oxysporum* f . sp . *radicis-lycopersici* y Efecto de la Temperatura. Revista Mexicana de Fitopatología, 19, 197–202.
- Ascencio, A. (2006). Variabilidad Genética para Virulencia en *Fusarium oxysporum* f . sp . *lycopersici* (Sacc .) Snyder y Hansen (Fol), Fuentes de Resistencia y Forma de Herencia en Especies de *Lycopersicon*. TESIS Presentada como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Fitomejoramiento. UAAAN.
- Ascencio-Álvarez, A., López-Benítez, A., Borrego-Escalante, F., Rodríguez-Herrera, S. (2008). Marchitez Vascular del Tomate: I . Presencia de Razas de *Fusarium oxysporum* f . sp . *lycopersici* (Sacc .) Snyder y Hansen. Revista Mexicana de Fitopatología, 26(2)114–120.
- Ascencio-álvarez, A., López-Benítez, A., Borrego-Escalante, F., Rodríguez-Herrera, S., Flores-Olivas, A., Jiménez-Díaz, F, (2008). Tomate: II. Herencia de la resistencia a

la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en tres especies del género *Lycopersicon*. Revista Mexicana de Fitopatología, 26(2), 180–183.

Bailey, D. M. (1999). Manual of Cultivated Plant, (2nd ed.). Macmillan Co. New York, Bainbridge,.

Beckman, C.H. (2000) Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 57, 101–110.

Bohn, G., and Tucker, E. M. (1940). Studies on *Fusarium* Wilt of the Tomato. 1. Immunity in *Lycopersicum pimpinellifolium* and its Inheritance in Híbridos. Agricultural Experimental Station, 82.

Bost, S. C. 2001. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* race 3 on tomato in Tennessee. *Plant Dis.* 85:802

Cai, G., Gale, L. R., Schneider, R. W., Kistler, H. C., Davis, R. M., Elias, K. S., and Miyao, E. M. (2003). Origin of Race 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* at a Single Site in California. *Phytopathology*, 93(8), 1014–1022.

Carrillo-Fasio, J. A., Estrada, G., Enrique, J., Ortega, C., Márquez, I., Adriana, Z., Sañudo-Barajas, J. (2003). Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder y Hansen , en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill .) en el Valle de Culiacán , Sinaloa , México. Revista Mexicana de Fitopatología, 21, 123–127.

Castellanos, J. Z. (2009). Manual de producción de tomate en invernadero (Intagri., p. 458). México.

Cepeda, S. M. (2009). El tomate rojo, cultivo y control parasitológico. (UAAAN, Ed.) (Trillas., p. 222). México.

- Cruz, Alcalá, A., Mendoza, Zamora C., y Romero, Cova, S. (2000). Identificación de hongos del suelo que causan pudriciones de raíz y cuello del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el sureste del estado de México, México. Revista Chapingo Serie Horticultura, 6(1), 25–32.
- Davis, R. M., Kimble, K. A., and Farrar, J. J. (1988). A third race of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* identified in California. Plant Disease, 72:453.
- FAO. (2012). FAOSTAT: Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentación. (Agosto del 2013). Retrieved from <http://faostat.fao.org>
- Fasihiani, A. (2005). Evaluation of Sources of Resistance In Tomato germplasm to *Fusarium* Wilt (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*). Fars Agricultural and Natural Resources Research, Zarghan, 17.
- Gale, L. R., Katan, T., y Kistler, H. C. (2003). The probable origin center of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* VCG 033. Plant. Disease, 87, 1433– 1438.
- Garcés, E. (2001). *Fusarium oxysporum*: El hongo que nos falta conocer. *Acta Biológica Colombiana*, 6(1), 7–26.
- Gardner, E. (1988). Principios de Genética. (Limusa, Ed.) (4th ed., p. 716). México, D.F.
- Gonzalez, P. (2006). Enfermedades del tomate. Marchitamiento vascular del tomate. Facultad de Agronomía, Unidad de Fitopatología. Montevideo Uruguay. Retrieved from http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Fusarium_tom.html
- Grattidge, R., y Brien, R. (1982). Occurrence of a third race of *Fusarium* wilt tomatoes in Queensland. Plant Disease, 66:165-166.
- Guzmán, M. A. (2007). Mejoramiento genético del jitomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por resistencia horizontal a patógenos localmente importantes en

- Yautepec, Morelos, México. TESIS: presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias en Fitopatología. Colegio de Postgraduados.
- Hemming MN, Basuki S, McGrath DJ, Carroll BJ, Jones DA. 2004. Fine mapping of the tomato I-3 gene for fusarium wilt resistance and elimination of a co-segregating resistance gene analogue as a candidate for I-3. *Theor. Appl. Genet.* 109:409–418
- Hernández, R. M. (2013). Selección de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con base en parámetros genéticos para rendimiento y resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) (Sacc.) Snyder y Hansen. TESIS: presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento. UAAAN.
- Hernández, R. M. (2013). Estimación de rendimiento en genotipos de tomate y resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, 6–11.
- Huang, C.C. and Lindhout, P. (1997) Screening for resistance in wild *Lycopersicon* species to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 1 and race 2. *Euphytica*, 93, 145–153.
- Keen, N.T. (1990) Gene-for-gene complementarity in plant–pathogen interactions. Tomato–*Fusarium* arms race 3. *Annu. Rev. Genet.* 24, 447–463.
- Marlatt, M., Correll, J., y Kaufman, P. (1996). Two Genetically Distinct Populations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Race 3 in the United States. *Plant Disease*, 80, 7.
- McGrath DJ, D y L Gillespie Vawdrey, 1987 Herencia de la resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* carreras 2 y 3 en *Lycopersicon pennellii*. *Australian Journal of Agricultural Research* 38 (4) 729-733
- McGrath, D. J. (1988). BHRS 2-3 *Fusarium* Wilt-Resistant Tomato. *HortScience*, 23(0018-5345), 1093–1094.

- Michael Arizala Q, Álvaro Monsalvo P, Carlos Betancourth G, Claudia Salazar G, Tulio Lagos B., 2011. Evaluación de *solanaceas* silvestres como patrones de lulo (*solanum quitoense* Lam) y su reacción a *Fusarium* sp. Revista de Ciencias Agrarias. Vol. 28, núm. 1
- Nuez, F. (1995). El cultivo de Tomate. (A. Editorial, Ed.) (Mundi-Pren., p. 769). Cuahutemoc, México, D.F. doi:BI-3094-00
- Ori N, Paran I, Aviv D, Eshed Y, Tanksley S, Zamir D, Fluhr R. A 1994. Genomic search for the gene conferring resistance to *Fusarium* wilt in tomato. *Euphytica*. 79:201–204.
- Ortega. (2010). Diagnóstico de hongos fitopatógenos de jitomate y efecto de *Trichoderma asperelum* Tc74 sobre *Fusarium* spp. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos.
- Peralta, I., Napp, S., and Pooner, D. M. (2005). New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: *Solanaceae*) from Northern Peru. *Systematic Botany*, 30, 424–434.
- Reis, A., Boiteux, L. S. (2007). Outbreak of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 in commercial fresh-market tomato fields in Rio de Janeiro State, Brazil. *Hortic. bras.*, 25, 451–454.
- Reis, A., Costa, H., Boiteux, L. S., and Lopes, C. A. (2005). First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Race 3 on Tomato in Brazil. *Fitopatol. bras.*, 30(4), 426–428.
- Rick, C. M. (1990). Perspectives from plant genetics: The tomato genetics stock center. *Genetic Resources at Risk*, (5), 11–19.
- SIAP. (2012). Agricultura, producción Anual. Cierre de la producción Agrícola por cultivo, ciclo: Año Agrícola OI + PV 2012. Retrieved from <http://www.siap.gob.mx>

- Summerell, B. A., Botanic, R., Sydney, G., Wales, N. S., and Leslie, J. F. (2003). A Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. *Plant Disease*, 87(February), 117–128.
- Valenzuela-Ureta J.G, Lawn, L., Heisey, R., and Zamudio-Guzman. (1996). First report of *Fusarium* wilt race 3, caused by *Fusarium oxysporum* f sp. *Lycopersici* of tomato in Mexico. *Plant Disease*, 80:105.
- Warnock, S. J. (1991). Natural Habitats of *Lycopersicon* Species. *HortScience*, 26(104), 1–6.
- William, P. H. 1981. *Fusarium* Yellows. Pages 124-129 In Screening Crucifers for Multiple Disease Resistance. P. H. Williams, Ed. University of Wisconsin
- Williams, D. E. (1990). A review of sources for the study of Náhuatl plant classification. *Advances in Economic Botany*, 8, 249–270.
- Wojciech, SZCZETCHURA, Mirosława STANIASZEK, Hanna HABDAS. 2011. Tomato molecular markers. *Research Institute of Horticulture* vol. 74, 5-23 *Konstytucji 3 Maja* 1/3, 96-100
- Zhihao, X., Kaimay, H., Weiling, S., Sengjiu, Z., Guojing, L., Liping, C., Baishen, J. (2000). The determination of physiological race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* of tomato in Zhejiang, China. *Acta Physiologiae Plantarum*, 22(3), 356–358