

**EFFECTO DEL EXTRACTO DE *Jatropha dioica* Sessé EN EL CONTROL DE  
*Fusarium oxysporum* en TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)**

**ALMA LETICIA SALAS GOMEZ**

**TESIS**

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

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA  
DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**SUBDIRECCION DE POSTGRADO**

**Buenavista, Saltillo Coahuila.  
Diciembre 2013.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

EFFECTO DEL EXTRACTO DE *Jatropha dioica* Sessé EN EL CONTROL DE  
*Fusarium oxysporum* en TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

TESIS

POR

ALMA LETICIA SALAS GÓMEZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como  
requisito parcial, para optar al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

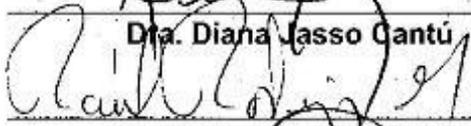
EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

  
Dra. Diana Jasso Cantú

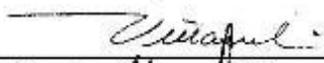
Asesor:

  
Dr. Raúl Rodríguez García

Asesor:

  
Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo

Asesor:

  
Dr. José Angel Villarreal Quintanilla

  
Dr. Fernando Ruiz Zarate

Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre 2013.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** porque me permite llegar a cumplir un logro más en mi vida porque sin él delante de mí jamás hubiera llegado a donde estoy, por las puertas que me ha abierto y por todos los días que me permite caminar junto a él, gracias.

A “**la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**” por permitirme estar dentro de ella por dos años, a formarme como una gran profesionista, por permitirme conocer a mis amigos y amigas, por enseñarme a valorar, comprender, respetar y aprovechar como fuente de nuevos productos a la madre naturaleza.

A la **Dra. Diana Jasso Cantú** por compartir tantas experiencias tanto de investigación como de vida, por su gran apoyo en la ejecución de este proyecto, por ser más que una amiga, una madre y por ser un gran ejemplo a seguir, por la confianza depositada en su servidora, por siempre estar disponible y por ser una gran persona tanto a nivel profesional como personal.

Al **Dr. Raúl Rodríguez García** por su cooperación y por su gran apoyo para realizar este proyecto y sobre todo por sus consejos.

Al **Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo** por la confianza al permitirme entrar a su laboratorio con toda libertad, por sus observaciones, su apoyo y disponibilidad hacia una servidora, por compartir parte de su gran conocimiento y por hacerme crecer a nivel profesional.

Al **Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla** por apoyar en la realización de este proyecto.

Al **Dr. Rubén López Cervantes** por su gran apoyo y disponibilidad hacia una servidora.

Al **Dr. Javier de Jesús Cortes Bracho** por su gran apoyo y brindarme su asesoría.

En especial a **T.A. María Guadalupe Moreno Esquivel**, **T.A. Edith Chaires Colunga**, **T.A. Olga Leticia Solís Hernández**, **T.A. Leticia Rodríguez González**, por todo el apoyo brindado para la obtención de los extractos, preparación de las dosis y análisis fisicoquímico del extracto, medición de plantas en invernadero y toma de datos en laboratorio. Así mismo a **T.A. Silvia Guerrero** y **T.A. Socorro Mireles** y por todo el apoyo brindado en la realización de los análisis de suelos y de cationes y aniones de los extractos. También **T.A. Cristina Sánchez** le agradezco su apoyo en todo lo relacionado con la preparación del patógeno. **Apolinar Rangel Garibaldi**, **Juan José Valenzuela Cabrera** y **José Luis Treviño Torres**, por su valioso apoyo en la colecta de plantas, en el manejo del cultivo en invernadero, así como en la cosecha de las plantas.

A mis **amigos**, por ser parte de mi historia y por los momentos inolvidables **Rafael Loyo Melchor**, **Marco Antonio Reynolds Chávez**, **Anakaren Trejo González**

## DEDICATORIA

A MIS PADRES AMADA GÓMEZ HERNÁNDEZ Y JUAN ANTONIO  
SALAS FERNÁNDEZ +

Porque siempre han sido un ejemplo para mí.

A mis hermanas Mónica, Cecilia, Fabiola y en especial a mis  
Shikitines Mane y Juan por estar en los momentos mas importantes  
de mi vida.

A mis grandes amigos casi mis hermanos Rafael Loyo, Marco  
Antonio Reynolds y Anakaren Trejo, mil gracias por su apoyo.

Y a todas las personas que me apoyaron en esta etapa.

Gracias!!

## COMPENDIO

### **EFFECTO DEL EXTRACTO DE *Jatropha dioica* Sessé EN EL CONTROL DE *Fusarium oxysporum* en TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)**

POR

**Alma Leticia Salas Gómez**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN  
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DICIEMBRE 2013.**

**Dra. Diana Jasso Cantú – Asesor principal.**

**Palabras clave:** *Jatropha dioica*, *Fusarium oxysporum*, incidencia y severidad.

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) es la segunda hortaliza de mayor importancia en el mercado mundial. México ocupa el segundo lugar en producción de tomate, siendo Sinaloa el estado con mayor producción. Esta hortaliza se ve afectada por diferentes enfermedades causadas por virus, bacterias, insectos y hongos. Una de las principales enfermedades que presenta el tomate es producida por *Fusarium oxysporum*, una alternativa de bajo costo para el control de esta enfermedad son los extractos de plantas, ya que por su naturaleza evitan el deterioro ambiental y no afectan la productividad y calidad de los alimentos. Los tallos y rizomas de *Jatropha dioica* Sessé ex Carv. (Sangre de drago) contienen componentes fenólicos que le confieren una actividad biológica importante como antifúngico.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del extracto de los tallos de *J. dioica* en el desarrollo de *F. oxysporum f. sp. lycopersici* en plantas de tomate en invernadero.

Los tallos de las plantas de *J. dioica* se colectaron en el sitio de Rocamontes, Coahuila, México. El extracto de *J. dioica* (EJD) se obtuvo de los tallos mediante una solución etanol-agua (25:75). Se prepararon las macetas de plástico con una mezcla de perlita-peat moss-suelo esterilizado (33:33:33). El experimento se estableció en el invernadero bajo un diseño completamente al azar con 8 tratamientos y 10 repeticiones: T1: Testigo absoluto; T2: Testigo inoculado; T3: 100ppm EJD; T4: 300 ppm EJD; T5: 500 ppm EJD; T6: 1000 ppm EJD; T7: 2000 ppm EJD y T8: 3000 ppm EJD. Las plántulas de T2 a T8 fueron inoculadas antes del trasplante con una solución de  $1.7 \times 10^6$  esporas  $\text{ml}^{-1}$ . Los extractos de *J. dioica* fueron aplicados a las plántulas en el trasplante y en 3 ocasiones posteriores (a los 10, 20 y 40 días después del trasplante). El riego y la fertilización se realizaron de acuerdo a las necesidades de las plantas. Las variables evaluadas fueron: incidencia, severidad, altura de planta y diámetro de tallo (semanalmente) peso fresco de planta completa, peso fresco de hojas, peso fresco de tallo, peso seco total, peso seco de hojas peso seco de tallos, número de nudos y entrenudos; diámetro polar y ecuatorial; firmeza y contenido de sólidos solubles totales y pH de los frutos.

Los resultados del análisis mostraron que el T3 de 100 ppm presentó la mayor inhibición del *Fusarium oxysporum* teniendo la menor severidad e incidencia en las plantas de tomate, reflejándose esto en mayor altura de planta y diámetro de tallo, demostrando que esta dosis tiene efecto superior contra el patógeno en relación a T1 y al resto de las dosis aplicadas durante el experimento.

El extracto de *J. dioica* demostró control contra *F. oxysporum* en tomate a la mas baja concentración probada.

**ABSTRAC****JATROPHA DIOICA ANTIFUNGAL EFFECT ON *FUSARIUM OXYSPORUM*  
CONTROL IN TOMATO****BY****Alma Leticia Salas Gómez****MASTERS IN SCIENCES ENGENNERING IN SYSTEM OF PRODUCTION  
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DECEMBER 2013.****Dra. Diana Jasso Cantú – Advisor.**

**Key words:** *Jatropha dioica*, *Fusarium oxysporum*, incidence and severity.

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the world's second most important vegetable in the market. Mexico ranks second in production of this crop where the major cultivated areas are in Sinaloa state. However, this vegetable is strongly affected by diseases caused by viruses, bacteria, insects and fungi. One of the major diseases presented in tomato are produced by *Fusarium oxysporum*. A low-cost alternative for the control of this plague are the use of plant extracts, since by their nature prevent environmental degradation and do not affect productivity and food quality. Stems and rhizomes of *Jatropha dioica*

Sessé. (Sangre de drago) contain phenolic compounds that could confer significant biological activity as an antifungal.

The aim of the present study was to evaluate the antifungal effect of *J. dioica* stems and rhizomes extracts against greenhouse-grown tomatoes diseases caused by *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

*J. dioica* plants were collected at Rocamontes, Coahuila, Mexico. The extract of *J. dioica* (EJD) was obtained from stems and rhizomes using an ethanol-water solution (25:75 v/v). Tomato plants cultivation were carried out in plastic pots (4 gallons) containing a mixture of sterilized substrate of perlite-peat moss-soil (weight proportion of 33.3% each). The experiments were carried out in a greenhouse under a completely randomized design with eight treatments and ten replications: T1: absolute control, T2: Witness inoculated; T3: 100ppm EJD; T4: 300 ppm EJD; T5: 500 ppm EJD; T6: 1000 ppm EJD; T7: 2000 ppm EJD and T8: 3000 ppm EJD. Seedlings were inoculated with a solution of  $1.7 \times 10^6$  spores  $\text{ml}^{-1}$ . *J. dioica* extract was applied to transplantation and at 10, 20 and 40 days after transplantation. Irrigation and fertilization were applied according to crop development requirements. The evaluated variables were plant height and stem diameter (weekly), number of fruits per plant, fruit radius (polar length / equatorial diameter), fruits fresh and dry weight, number of leaves per plant, leaves fresh and dry weight, total fresh and dry weight of plant, percentage of dead plants, incidence and severity of the disease per plant, total soluble solids content and fruit pH (at harvest).

The analysis results showed that the application dose of 100 ppm *J. dioica* extract presented the best performance in terms of stem diameter and height plant, this dose has superior effect against the pathogen in relation to the control and the rest of the doses administered during the experimentation.

*J. dioica* stems and rhizomes extracts showed disease control of *F. oxysporum* pathogen in tomato crop, with the highest results observed at the lowest tested concentration (100 ppm).

## INDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
INTRODUCCION .....	1
OBJETIVO GENERAL .....	4
Objetivos específicos.....	4
REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	5
Origen e importancia del cultivo de Tomate .....	5
Producción de Tomate en México .....	5
Países Exportadores .....	6
Países Importadores.....	6
<i>Fusarium oxysporum</i> .....	6
Clasificación de <i>Fusarium</i> .....	6
Importancia de <i>Fusarium</i> en tomate .....	10
<i>F. oxysporum</i> f. spp. <i>radicis-lycopersici</i> (Forl) y <i>lycopersici</i> (Fol) .....	11
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> .....	11
Microconidios. ....	12
Macroconidios. ....	13
Clamidosporas. ....	13
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlechtend. f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> .....	14
Sintomatología causada por <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> en tomate.....	15
Toxinas producidas por Fusarios .....	17
Micotoxinas .....	18
Tricotecenos.....	18
Control microbial con productos naturales. ....	19
Uso de extractos de plantas.....	19

<i>Jatropha dioica</i> .....	22
Hábitat .....	23
Utilización tradicional.....	23
Composcion fitoquímica .....	24
Genero <i>Jatropha</i> .....	26
Propiedades medicinales, fitoquímica y farmacología.....	26
Propiedades medicinales .....	26
La actividad anti-inflamatoria.....	28
La actividad antioxidante .....	28
La actividad insecticida .....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
Colecta y preparación de material biológico .....	31
Obtención del extracto.....	31
Establecimiento del experimento en invernadero .....	32
Material vegetativo.....	33
Sustrato .....	34
Diseño experimental .....	34
Inoculación y trasplante .....	35
Aplicación del extracto.....	35
Riego .....	37
Fertilización .....	38
Floración y fructificación. ....	38
Preparación de solución para el riego del experimento .....	38
Entutorado .....	38
Poda de tallos y hojas.....	39
Cosecha de frutos .....	40
Control de plagas y enfermedades .....	40
Variables evaluadas .....	40
Rendimiento de fruto .....	40
Variables de calidad de los frutos.....	41
Técnicas de medición de variables .....	41

Severidad .....	41
Incidencia .....	41
Peso de raíces .....	42
Altura de la planta (cm) .....	42
Diámetro de tallo (mm) .....	43
Cosecha .....	45
Peso fresco de planta .....	45
Peso fresco de hojas .....	45
Peso fresco de tallos .....	45
Peso seco de las hojas .....	45
Número de hojas .....	46
Número y peso fresco de frutos .....	46
Diámetro ecuatorial .....	46
Diámetro polar .....	46
Variables de calidad .....	46
Firmeza .....	46
pH .....	47
Contenido de sólidos solubles totales .....	47
Vitamina C .....	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	49
Severidad e incidencia de la enfermedad .....	49
Peso seco de raíces de plantas de tomate .....	53
Altura de la planta .....	56
Diámetro de tallo .....	59
Otras variables de crecimiento .....	62
Peso fresco del fruto .....	63
Características de fruto (diámetro polar y ecuatorial) .....	64
Variables de calidad del fruto .....	66
Firmeza .....	66
pH .....	67
Sólidos solubles totales .....	68

Vitamina C .....	69
CONCLUSIONES .....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de la <i>Jatropha dioica</i> en México.....	30
Figura 2. Invernadero de alta tecnología donde se llevó a cabo el experimento .....	32
Figura 3. Llenado de las macetas con el sustrato perlita-peatmoss-suelo esterilizado (1:1:1) .....	34
Figura 4. Inoculación de plántulas de tomate con una solución de <i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i> .....	35
Figura 5. Aplicación del extracto de <i>Jatropha dioica</i> a las plantas de tomate...	36
Figura 6. Panorámica de la distribución del experimento de tomate en el trasplante. ....	37
Figura 7. Entutorado de las plantulas de tomate en el invernadero .....	39
Figura 8. Altura de la plantas de tomate en invernadero .....	43
Figura 9. Medición de diámetro de tallo de plantas de tomate en invernadero.	44
Figura 10. Plantas de tomate regadas con las dosis de 100 ppm (T3) y 1000 ppm (T6) de EJD.....	50
Figura 11. Planta sana, (T3), planta con amarillamiento de hojas (T5) y planta con poco crecimiento (T6). ....	51
Figura 12. Tallos sanos y tallos con síntomas causados por <i>Fusarium oxysporum</i> .....	52
Figura 13. Raíces de los diferentes tratamiento.....	55
Figura 14. Altura de la planta .....	57
Figura 15. Diámetro de tallo.....	60
Figura 17. Medias de peso fresco.....	64
Figura 17. Media de los tratamientos de diámetro polar y ecuatorial.....	65

Figura 18. Planta del T3 con frutos de tomate .....	65
Figura 22. Firmeza del fruto .....	66
Figura 23. pH del fruto .....	67
Figura 21. Solidos solubles totales en el fruto.....	68
Figura 22. %Vitamina C. ....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Incidencia y severidad en las plantas de tomate causadas por <i>F. oxysporum</i> .....	49
Tabla 2. Análisis de varianza para peso seco de raíces. ....	53
Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianza. ....	56
Tabla 4. Analisis de varianza de la altura de la planta. ....	57
Tabla 5. Prueba de homogeneidad de varianza para diámetro de tallo.....	59
Tabla 6. Análisis de varianza para diámetro del tallo.....	61
Tabla 7. Valores promedio de las variables evaluadas en las plantas de tomate. .....	62
Tabla 8. Analisis de varianza para peso fresco del fruto.....	63
Tabla 9. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial y polar.....	64
Tabla 10. Análisis de varianza para firmeza de fruto.....	66
Tabla 11. Análisis de varianza para pH del fruto.....	67
Tabla 12. Análisis de varianza para solidos solubles totales.....	68
Tabla 13. Análisis de varianza para vitamina C.....	69

## INTRODUCCION

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas con mayor producción en el mundo, debido a su gran aportación gastronómica y al alto grado de aceptación que tiene en los diferentes países, lo cual se evidencia por el hecho de que es el segundo producto hortícola en el consumo mundial. En el 2009 la producción mundial de tomate fue 135.59 millones de toneladas y los diez países con mayor participación fueron, en orden de importancia, China, Estados Unidos de América, Turquía, India, Egipto, Irán, España, Brasil, México y Rusia (Euromonitors, 2009).

En México, el 80.5% de la producción de tomate se concentra en diez estados de la república: Sinaloa, Michoacán, Baja California Norte, Veracruz, San Luis Potosí, Nayarit, Baja California Sur, Jalisco, Morelos y Zacatecas, con más de 2 mil hectáreas sembradas anualmente en cada estado (SIAP-SAGARPA, 2011). El total de hectáreas sembradas en México es de 22,858, de las cuales se cosechan solo 18,041 ha y de estas se producen 708,874 ton. Siendo el estado de Sinaloa el máximo productor con 12,023 ha sembradas, cosechadas 11,776 ha y produce 452,045 ton, según el resumen nacional de la temporada otoño invierno 2012 (SIAP, 2013).

México se convirtió en el primer exportador de tomates del mundo en el 2011, desplazando a Holanda al segundo lugar, país que durante los últimos años se había consolidado en la supremacía (SAGARPA, 2011). Se trata de un éxito que adquiere un valor especial para el sector primario mexicano, puesto que los tomates son el principal producto agrícola de exportación.

Entre las enfermedades que afectan la producción de tomate se encuentran las causadas por microorganismos fitopatógenos, como lo son los hongos del suelo *Fusarium oxysporum* Schlechtend f. sp. *lycopersici* (Fol) y *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Forl). El primero provoca la marchitez vascular del tomate (MVT), mientras que el segundo causa la pudrición de la corona y raíz del tomate (PCRT).

En el Estado de Sinaloa, se reportó la incidencia de Forl en 34 de 40 campos inspeccionados (Apodaca-Sánchez, 2002). Los métodos utilizados para controlar los efectos de Fol y Forl no han sido lo suficientemente eficientes, a pesar de que existen híbridos resistentes a estos fitopatógenos, estos no siempre se utilizan porque no satisfacen los requerimientos necesarios para su mercado. Uno de los problemas de las enfermedades en suelo causadas por hongos es la ineficiencia del control químico. La práctica del monocultivo y la contaminación por el uso indiscriminado de agroquímicos en la agricultura, han reducido la biodiversidad (microorganismos) del agro ecosistema, ocasionando la inestabilidad de los mismos, reflejándose en una mayor incidencia y severidad de las enfermedades de las plantas (Báez-Valdez *et al.* 2010).

La búsqueda de nuevas alternativas de control que complementen la resistencia genética constituye una de las prioridades actuales en el manejo de las enfermedades. En ese sentido, el uso de productos naturales es una de las medidas en las que se está haciendo énfasis porque permite un control de la plaga con daños mínimos al ambiente. Entre los productos naturales, los extractos de plantas han demostrado tener efectos positivos en el control de patógenos foliares y del suelo (Awuah, 1994, Lawson *et al.*, 1998, Bower y Locke, 2000, Bravo *et al.*, 2000 Guevara *et al.*, 2000).

Extractos de las raíces y tallos de especies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) son usadas en medicina folclórica tradicional como remedios para la salud, su uso es el mas popular para el 80% de la población mundial en Asia, América Latina

y África, además se ha reportado que tienen efectos colaterales mínimos (Sabander *et al.*, 2013). Estudios sobre materiales activos de tallos y rizomas de especies de *Jatropha* dieron como resultado la presencia de productos naturales diterpenoides (Villarreal *et al.*, 1988).

La búsqueda de información científica sobre la actividad antimicrobial de *Jatropha dioica* “*in vitro*” e “*in vivo*” es escasa o nula, por lo que el presente estudio se propone investigar el uso de extractos de *Jatropha dioica* como fuente potencial de nuevos agentes antimicrobianos que permitan el aprovechamiento industrial de la especie que solo se usa en medicina tradicional.

## OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del extracto de *Jatropha dioica* Sessé en el desarrollo de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* en plantas de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en invernadero.

### Objetivos específicos

- Obtener el extracto hidroalcohólico de tallos y rizomas de *Jatropha dioica* Sessé.
- Determinar el efecto de seis dosis del extracto de *Jatropha dioica* Sessé en plantas de tomate inoculadas con *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*

### Hipótesis

Al menos una de las dosis del extracto de *Jatropha dioica* evaluadas en el experimento inhibe el ataque de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* en las plantas de tomate.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

### Origen e importancia del cultivo de Tomate

El tomate es originario desde México hasta los Andes del Perú, donde apareció silvestre como una fruta redonda de color rojo. Lo llamaron “*xitomatl*” en el lenguaje Náhuatl, que era el idioma que hablaba la nación azteca, fue allí adonde fue cosechado, cultivado y mejorado produciendo una mayor diversidad de frutos (Adams, 1969).

El origen del género *lycopersicum* fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero desde entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Gualazzi, 2002).

En 1753, el naturalista Kart Linnaeus en honor a esta nota del folclor popular Alemán, le asignó al tomate el nombre científico de *Solanum lycopersicum* L. por tratarse de un melocotón de lobo de la familia solanácea (Adams, 1969).

### Producción de Tomate en México

La producción de tomate para la comercialización es un negocio altamente rentable que genera importantes divisas para el país, ya que han ingresado a México en promedio por año, arriba de mil millones de dólares de acuerdo a lo reportado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP,

2013), de acuerdo con esta fuente, la producción de tomate es de 39.5 t ha<sup>-1</sup>. México se encuentra entre los diez principales países productores de tomate y aproximadamente un tercio de la producción nacional se destina a EE.UU, siendo México el principal país que exporta tomate Saladette a la Unión Americana y el que más exporta a nivel mundial. Además en México, el tomate genera una gran demanda de mano de obra debido a su uso intensivo.

México se fue el primer exportador de tomates del mundo en el 2011, seguido por Holanda. En ese año, las ventas externas mexicanas de esta hortaliza sumaron 2,038 millones de dólares, mientras que las de Holanda llegaron a 1,461 millones (SAGARPA, 2011).

### **Países Exportadores**

En el periodo de 2007-2001 los principales países productores de tomate fresco fueron: Holanda, España, México, Marruecos, Jordania, Bélgica-Luxemburgo, Estados Unidos, República Árabe, Siria, Italia, Turquía, Francia, Canadá y Brasil (Morales, R, 2012).

### **Países Importadores**

En el periodo de 2007-2011 los principales países importadores fueron: Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido, Canadá, Arabia Saudita, Países Bajos, Suecia, Argentina (Morales, R, 2012).

### ***Fusarium oxysporum***

#### **Clasificación de *Fusarium***

La especie *Fusarium* pertenece al Phylum Ascomycota, Clase Sordariomycetes, Orden Hypocreales y a la Familia Nectriaceae. Entre los hongos filamentosos, el género *Fusarium* es uno de los más importantes. Fue descrito por primera vez por Link en 1809, aunque existían datos (Leslie *et al.*, 2001) desde el siglo XVI, basados en las descripciones de los Aztecas, de la podredumbre que produce en el maíz, una de las especies de este género. Los primeros estudios

sobre los problemas producidos por *Fusarium*, comenzaron con una investigación llevada a cabo por Martius a mediados del XIX, en la cual un hongo de este género, fue establecido como el agente causal de la podredumbre en papas almacenadas. Sin embargo, fue hasta finales del siglo XIX cuando se descubrió su importancia como causante de enfermedades en plantas y productor de toxinas. Los primeros estudios que demostraron la patogenicidad de *Fusarium* en plantas vivas, se publicaron entre 1892 y 1899 (Booth, 1984).

Con el desarrollo de las técnicas de biología molecular, se ha comprobado que existe una gran heterogeneidad entre especies del género (Seifert y Gams, 2001). Usualmente, para la identificación de las distintas especies, se habían empleado tanto las diferencias en la forma de los macroconidios como otros caracteres morfológicos. Desgraciadamente tanto en el caso de *Fusarium* como en otras especies de hongos filamentosos, el número de caracteres morfológicos con valor taxonómico son pocos, fácilmente mal interpretables y además están sujetos a cambios en función de condiciones ambientales

Otro factor importante en la clasificación de estos hongos, es la reproducción. Los hongos con formas anamórficas, se clasifican en base a su morfología asexual aunque se conozca su forma teleomórfica (sexual) (Carlile *et al.*, 2001), hecho que sólo ocurre para el 5 % de las especies anamórficas descritas (Seifert y Gams, 2001). Dentro del género *Fusarium* existen especies que presentan formas con reproducción sexual como *F. solani*, y otras como *F. oxysporum*, en las que no se conoce dicha etapa. Este hecho complica la clasificación, ya que, tradicionalmente las formas sexuales de una especie se han incluido en un grupo diferente y con un nombre distinto de las que presentan las formas sin reproducción sexual. Especies del género *Fusarium*, situado dentro de los hongos anamórficos, se corresponden a las formas sexuales del orden *Hipocreales* (Samuels y Blackwell, 2001).

A pesar de la ausencia de reproducción sexual en algunas de las especies del género *Fusarium*, en algunas especies asexuales como *F. oxysporum* se han

descrito fenómenos de intercambio genético como la heterocariosis y la parasexualidad (Burnett, 1984). La heterocariosis es la condición en la cual, como resultado de la fertilización o anastomosis, las células de las hifas de los hongos o partes de éstas contienen núcleos que son genéticamente diferentes (Agrios, 2006).

Dos cepas capaces de formar un heterocarionte vegetativo, pertenecen a un mismo grupo de compatibilidad vegetativa (VCG). En *Fusarium*, la compatibilidad vegetativa está gobernada por al menos diez *loci* denominados *vic*. La presencia de los mismos alelos en cada uno de estos *loci* permite la formación de heterocariontes estables, en el caso de una fusión incompatible, se produciría la muerte de la célula (Leslie, 1993). No habría que descartar, que en los heterocariontes vegetativos se produzcan fenómenos de intercambio genético. Se ha observado que mediante la fusión de protoplastos de dos cepas del anamorfo *F. oxysporum*, se producen reorganizaciones cromosómicas y recombinación entre el material genético de las líneas parentales (Teunissen *et al.*, 2002). Parasexualismo es el proceso mediante el cual pueden producirse recombinaciones genéticas dentro de los heterocariontes de los hongos. Esto sucede debido a la fusión ocasional de los núcleos y la formación de un núcleo diploide (plasmogamia). Durante la multiplicación se produce entrecruzamiento en algunas divisiones mitóticas y, como consecuencia, aparecen recombinantes genéticos por la separación fortuita del núcleo diploide en sus componentes haploides (haploidización) (Agrios, 2006).

Un problema importante a la hora de estudiar la biología de un patógeno como *F. oxysporum*, es la dificultad para definir cuáles son los caracteres diferenciales de cada población al no existir criterios morfológicos que permitan la separación a nivel intra específico. Para intentar ordenar y explicar toda esta variabilidad se utilizan los conceptos de formas especiales, razas patogénicas y grupos de compatibilidad vegetativa (VCG) (Kistler, 2001).

Otro fenómeno que ha sido descrito en *Fusarium* gracias al avance de las técnicas de biología molecular y que, tal vez, tenga una gran importancia en la

evolución del género, es la presencia de transposones. Éstos se encuentran en casi todos los organismos, pero su presencia en hongos filamentosos había sido considerada como extraña, a pesar de que se había observado su abundancia en otros patógenos de plantas. En *F. oxysporum* se ha detectado la existencia de transposones pertenecientes a ocho familias de elementos móviles (Hua-Van *et al.*, 2000). En cepas de *Fusarium* en las que habían ocurrido fenómenos de transposición se observó una gran variabilidad en los patrones de cariotipos, así como una correlación entre el elevado polimorfismo de los cromosomas y la concentración de elementos móviles (Davier *et al.*, 2001).

Las formas especiales (f. sp.), son cepas morfológicamente indistinguibles que se caracterizan por su adaptación a diferentes hospedantes (Deighton *et al.*, 1962). Se pueden definir como un conjunto de cepas que atacan a una especie vegetal, ó a lo sumo a unas cuantas especies de un mismo género. Este concepto se utiliza también para definir cepas que producen una patología diferente aunque parasiten a la misma especie vegetal. Esta definición se refiere fundamentalmente a capacidades fisiológicas del hongo y no tiene un valor taxonómico, pero tradicionalmente ha sido un concepto útil para los fitopatólogos (Gordon y Martyn, 1997).

La nomenclatura utilizada para designar a las formas especiales, un trinomio en latín, con el nombre de las especies seguido de una referencia al huésped al que parasitan, ha llevado a muchos investigadores a pensar que representan un grupo monofilético natural. Datos recientes demuestran que dentro de algunas formas especiales de *Fusarium oxysporum* (f. sp. *melonis*, f. sp. *lycopersici* y f. sp. *radicis-lycopersici*) existen aislamientos de orígenes independientes (Kistler, 2001). Por lo tanto, la asociación de determinadas cepas con un hospedante no implica necesariamente una divergencia de carácter monofilético. Dentro de *F. oxysporum* han sido descritas más de 70 formas especiales (Armstrong y Armstrong, 1981) cada una de las cuales, la mayoría de las veces, presentan un rango de hospedantes restringido a unas pocas especies de un mismo

género. Pero algunas de las formas especiales como *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* pueden causar enfermedades en otras especies de plantas además de tomate, como leguminosas, brasicáceas, cucurbitáceas, etc., al menos en inoculaciones artificiales (Menzies *et al.*, 1990).

### **Importancia de *Fusarium* en tomate**

Numerosos trabajos abordan el estudio del género *Fusarium* desde un punto de vista genético. Este interés por las especies de este género se debe a su distribución internacional y la capacidad de muchas de ellas de producir enfermedades en especies vegetales. Representantes del género se han encontrado en la mayoría de las regiones geográficas, incluso en el desierto (Katan, 1971). Aunque existen especies que pueden tener una distribución cosmopolita, también existen otras cuya distribución está limitada a uno o pocos cultivos, climas o zonas ecológicas (Leslie *et al.*, 2001).

*Fusarium* spp. es un hongo que habita en el suelo e infecta a las plantas a través de sus raíces, en las que penetra directamente o a través de heridas. Muchos nemátodos parásitos que viven en el suelo habitualmente incrementan la incidencia de los marchitamientos por *Fusarium*, posiblemente debido a que proporcionan un mayor número de puntos efectivos de penetración (Jarvis y Thorpe, 1976).

El micelio del hongo, en cuanto entra en contacto con la raíz, penetra y se extiende hasta el sistema vascular de la planta (xilema), en donde forma microconidios. Subsecuentemente, el micelio y las esporas del hongo ascienden por la corriente de transpiración en la planta a través del xilema. Una vez completado su ciclo, con el propósito de perpetuarse en el ambiente, el hongo sobrevive en el suelo o en restos de plantas, en forma de esporas asexuales de pared gruesa denominadas clamidosporas; o bien en forma de micelio o conidios en los restos vegetales infestados (Agrios, 2006).

### ***F. oxysporum* f. spp. *radicis-lycopersici* (Forl) y *lycopersici* (Fol)**

Existen dos tipos de enfermedades causadas por dos formas especiales de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de tomate: Fol y Forl. Estas enfermedades se encuentran distribuidas por todo el mundo, y se reportan en México, Canadá, Israel, Inglaterra, EE.UU. y Japón, entre otros. En nuestro país, los dos patógenos se han reportado en Sinaloa, San Luis Potosí, Baja California y Michoacán, los cuales son los Estados productores de tomate más importantes (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2004).

La persistencia de *F. oxysporum* se debe a que éste forma clamidosporas (esporas de conservación del hongo) en numerosos substratos, suelo y en restos vegetales. Su propagación se facilita por medio de los conidios, producidos en abundancia sobre el cuello de las plantas infectadas, así como por el polvo de suelo contaminado. Estos propágulos pueden ser conducidos por el agua (red de riego, salpicaduras), el viento y las corrientes de aire. Estos hongos parásitos han sido introducidos en algunas plantaciones de tomate, por medio de sustratos orgánicos o plantas contaminadas (Blancard, 2005).

Debido a la similitud entre Fol y Forl, en el siguiente apartado se describen las características específicas de Forl (Apodaca-Sánchez, 2006) y Fol (Agrios, 2007), con el fin de puntualizar las diferencias fisiológicas en cuanto a la enfermedad y síntomas que cada forma especial confiere.

#### ***Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici***

*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) produce marchitamiento vascular en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Esta forma especial fue descrita por Masee (1895) y se ha reportado en al menos 32 países. La enfermedad continúa apareciendo como consecuencia del cultivo intensivo de tomate, y es una de las más destructivas.

La marchitez vascular, causada por especies de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* es la principal enfermedad que causa problemas en el cultivo,

disminuyendo en un 60% el rendimiento y afectando la calidad del producto (Ascencio-Álvarez *et al.*, 2007).

Este patógeno entra a la planta a través de las raíces, ya sea por penetración en la punta de la raíz o por las de heridas naturales, por ejemplo a través de los tejidos de la corteza de la raíz por la formación de raíces laterales (Mes *et al.*, 2000), donde el micelio del hongo se propaga intercelularmente a través de ésta (Agrios, 2006). Cuando se encuentra en los vasos, el micelio se ramifica y produce microconidios en su interior, que son desprendidos y llevados hacia la parte superior de la planta por el flujo ascendente del agua del xilema. Los microconidios germinan en el punto donde cesa su movimiento ascendente y el micelio penetra la pared superior del vaso, y ahí, el hongo produce más microconidios. El hongo también avanza a los vasos adyacentes de la misma manera. El hongo invade entonces en gran escala a los tejidos parenquimatosos de la planta, llega a la superficie de los tejidos muertos y ahí esporula profusamente. En ocasiones el hongo llega hasta los frutos de las plantas donde penetra y contamina las semillas, al igual que Forl. Esto sucede principalmente cuando la humedad del suelo es alta y la temperatura relativamente baja, condiciones que permiten a las plantas producir buenas cosechas, aunque sean infectadas por el hongo. Sin embargo, es frecuente que estos frutos infectados se pudran y desprendan (Agrios, 2006).

El micelio de Fol es incoloro al principio, pero conforme madura adquiere un color crema o amarillo pálido y bajo ciertas condiciones se torna de una tonalidad rosa pálido o purpura. Este hongo produce tres tipos de esporas asexuales al igual que Forl (Agrios, 2006).

### **Microconidios.**

Consisten de una a dos células y son las esporas que el hongo produce con una mayor frecuencia y en mayor abundancia en todas las condiciones. Su forma es oval y lisa, mide de 5-12 micras de largo por 2.5-3.5 micras de ancho.

Son frecuentes en el interior de los vasos de las plantas hospedantes que ha infectado.

### **Macroconidios.**

Son las esporas típicas de "*Fusarium*", están constituidos de tres a cinco células, se adelgazan gradualmente y se encorvan hacia ambos extremos. Son de forma alargadas, moderadamente curva en forma de hoz. Tienen un tamaño de 27-46 micras de largo por 3.0-4.5 micras de ancho. Aparecen con gran frecuencia sobre la superficie de plantas que han sido destruidas por el patógeno y por lo común se forman en grupos similares a los esporodoquios, los cuales son estructuras fructíferas que consta de un racimo de conidióforos entretreídos en una masa de hifas.

### **Clamidosporas.**

Están constituidas por una o dos células, son de pared gruesa y forma redonda, tienen un tamaño de 5-15 micras de diámetro. Se forman terminal o intercaladamente en el micelio más viejo, ó en los macroconidios del hongo.

Estos tres tipos de esporas se forman en los cultivos del hongo en medio artificial y quizá también en el suelo, sobresaliendo las clamidosporas como las que perduran durante más tiempo en este sustrato (Apodaca-Sánchez, 2006).

Fol es un patógeno que habita en el suelo y que sobrevive entre los cultivos en los restos de plantas infectadas que yacen en este sustrato en forma de micelio y en cualquiera de sus formas de esporas, y con mayor frecuencia en forma de clamidospora (Agrios, 2006).

Fol se caracteriza por tener tres razas fisiológicas numeradas del uno al tres (R1, R2 y R3), de acuerdo al orden cronológico en que fueron descubiertas (revisado en González, 2006). En Sinaloa se han reportado las tres razas mencionadas (Valenzuela *et al.*, 1996).

***Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp. *radicis-lycopersici***

Las plantas se infectan cuando se siembran o se trasplantan en el suelo, ó sustrato infestado con clamidosporas. Otra posibilidad es que la semilla se encuentre contaminada con Forl, de tal forma que la plántula se infecta desde muy temprano. Las raíces jóvenes y los pelos radicales de una plántula recién germinada, liberan sustancias que estimulan la germinación de las clamidosporas que se encuentran en el suelo. Una vez que germina la clamidospora, el tubo germinativo se orienta hacia las raíces emisoras de los exudados, haciendo contacto para penetrar principalmente por las heridas, provocadas por la emergencia de las raíces secundarias (Apodaca-Sanchez, 2006). El ciclo de infección es muy similar al descrito anteriormente para Fol.

Sin embargo, la sintomatología es diferente. Los síntomas, se deben al daño a la estructura y al taponamiento de los vasos por el desarrollo del hongo, al efecto de las sustancias tóxicas producidas por éste y los restos de tejidos descompuestos que se acumulan en los vasos. Al bloquearse el paso de agua y nutrientes en las raíces y en la base del tallo, las plantas enfermas terminan por marchitarse y morir pocos días después (Apodaca-Sánchez, 2006).

Cuando la humedad ambiental es alta y la enfermedad está avanzada, Forl forma altas cantidades de conidios sobre las lesiones en los tallos infectados. Estas se manifiestan a simple vista en forma de manchas o puntos algodonosos de color crema y a veces de color naranja, sobre los tejidos necróticos. Por otra parte, el micelio que invadió los tejidos, termina por formar también clamidosporas. Cuando la planta presenta sintomatología, la diseminación de Forl de plantas enfermas a plantas sanas no es muy alta bajo sistema de riego por gravedad, y el número de plantas enfermas depende, principalmente, de la cantidad de plantas que se infecten con el inóculo ya presente en el suelo al momento del trasplante. En cambio, cuando el tomate se cultiva bajo sistema de goteo, la humedad constante favorece la esporulación en las plantas. Existen evidencias de que puede haber diseminación secundaria de estas plantas enfermas a las plantas sanas vecinas (Apodaca-Sánchez, 2006).

En cada gramo de tejido infectado de las plantas senescentes o muertas, se forman millones de clamidosporas y pueden estar constituidas por una o dos células al igual que Fol. La incorporación de los residuos de cultivo después de la cosecha, propicia que altas cantidades de inóculo albergado en la materia orgánica, asegure su supervivencia. Las clamidosporas pueden sobrevivir en reposo por varios años en la ausencia de algún cultivo susceptible. Además, estas clamidosporas pueden germinar e invadir raíces de plantas no hospedantes, cultivadas y de malezas, en las que no causan síntomas; pero en donde el hongo se reproduce formando clamidosporas secundarias; o bien germina y coloniza residuos frescos de otros cultivos incorporados en los que también pueden formar nuevas generaciones. El patógeno invade o al menos sobrevive durante períodos prolongados, en la semilla colectada de plantas infectadas; puede provenir de simple contaminación externa o bien invadir la semilla internamente (Apodaca-Sánchez, 2006).

La principal diferencia entre Fol y Forl, en su mecanismo de ataque al hospedante, en donde Fol se comporta como un típico patógeno vascular y sistémico, mientras que Forl puede colonizar la corteza ampliamente desde etapas tempranas de la enfermedad (Agrios, 2006).

### **Sintomatología causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en tomate**

En las plantas de tomate, los síntomas producidos por Forl son distintos a los producidos por los aislamientos de Fol. Un signo característico de la enfermedad, causada por Forl, es la podredumbre que se observa en el sistema radicular, que en el caso más grave afecta en su totalidad a las raíces principal y secundaria. En ocasiones, la médula presenta una podredumbre húmeda de color marrón intenso, que se extiende sobre la zona de transición raíz-cuello. En el tallo también puede aparecer una necrosis que puede llegar hasta la copa (Tello, 1988). El hongo es capaz de infectar a las semillas (Jarvis y Thorpe, 1976), pero la planta infectada experimentalmente, no se marchita normalmente hasta que se producen las condiciones adecuadas para el nacimiento del fruto

(Yamamoto *et al.*, 1974). Produce una desintegración extensiva de la pared celular, provocando alteraciones similares a las producidas por otros patógenos vasculares. La podredumbre de la raíz y cuello de la planta es el síntoma principal por Forl, aunque también se puede producir marchitamiento de la planta (Charest *et al.*, 1983).

Forl es capaz de crecer en las paredes celulares del hospedante produciendo su degradación (Charest *et al.*, 1983). Debido a su importancia como patógeno y al tipo de síntomas que provoca en su hospedante, Forl, podría ser un buen modelo para estudiar el papel de las enzimas en el proceso de patogénesis y en la interacción hospedante patógeno.

Los síntomas más notables de Fol ocurren al inicio de la floración, poco después de la formación de los primeros frutos (Beckman, 1987; Mendoza, 1993; Ramírez, 1998). Los síntomas inician con un amarillamiento en las hojas más viejas, extendiéndose a toda la planta y ocasionando una clorosis que a veces se presenta en las hojas de un solo lado de la planta, y en ocasiones solo en la mitad de éstas (Cárdenas, 2000). Las hojas afectadas se marchitan y mueren, aunque pueden permanecer adheridas al tallo. Si se realiza un corte transversal del tallo, se observa una necrosis vascular de color café en forma de anillo, la cual se extiende hacia la parte apical de la planta de acuerdo con la severidad de la enfermedad, marchitando y matando a las plántulas o plantas adultas (Sánchez, 1998)

Las plantas más viejas pueden marchitarse y morir repentinamente. Sin embargo, comúnmente muestran achaparramiento, epinastia, amarillamiento de las hojas inferiores, marchitez de las hojas y tallos jóvenes, defoliación, necrosis marginal de hojas y finalmente la muerte de la planta (Sánchez, 1998).

Los síntomas de la pudrición de la corona y raíz del tomate (PCRT), producida por Forl consisten de una pudrición radical caracterizada en algunos casos por coloración púrpura en el sistema radical de la planta y lesiones necróticas extensivas en el cuello y base del tallo, marchitez y muerte de la planta; también

puede provocar secadera de plántulas en invernadero (Jarvis, 1988). Las lesiones necróticas con frecuencia ascienden hasta 30 cm a partir del cuello de la planta y estas mueren generalmente al inicio de la maduración de los frutos (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2001).

Parece que estos hongos pudieran atacar a cualquier temperatura del suelo. Hasta hace poco se consideraban estos hongos como parásitos de los suelos ó de los substratos relativamente “fríos” (las temperaturas óptimas reportadas eran de 18 a 20°C) que afectan especialmente a las plantas de cultivo precoz y a las zonas de los cultivos bajo cubierta. En ciertos países, y recientemente en Francia, estas enfermedades han ocurrido con frecuencia en los períodos calurosos en los cuales las temperaturas fueron superiores a 26 °C. La gravedad de la enfermedad también depende de la agresividad de las cepas y parece más importante cuando las raíces han sufrido estrés hídrico durante el cultivo (exceso de agua) o térmico (temperaturas demasiado altas) (Blancard, 2005). En México, se ha reportado que éste hongo presenta una temperatura óptima de desarrollo de 28°C. Las plantas parecen ser particularmente sensibles a la enfermedad cuando necesitan nitrógeno, fósforo y calcio, y cuando están sometidas a días cortos y poco luminosos. Algunas variedades de tomate resistentes a la fusariosis manifiestan a veces síntomas de esta enfermedad, especialmente durante el ataque de nemátodos o cuando las plantas han sufrido asfixias radicales (Blancard, 2000). Fol y Forl son capaces de afectar el rendimiento en campo del cultivo del tomate hasta en un 50% (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2004).

### **Toxinas producidas por Fusarios**

Las especies de *Fusarium* se encuentran en los vegetales antes de la cosecha. Como persisten en los productos almacenados, si la actividad del agua lo permite crecerán causando alteraciones y a veces produciendo toxinas. Salvo *F. culmorum*, los fusarios no compiten bien con las especies de *Aspergillus* y *Penicillium* (Lacey 1989).

## Micotoxinas

Los metabolitos secundarios son útiles en la taxonomía de los fusarios. Se los suele detectar aplicando sobre la placa cromatográfica de sílicagel G, un pequeño cilindro del cultivo en agar YES o un grano del cultivo en arroz húmedo mantenido alternadamente a 25 y 5°C (Vidal *et al.* 1984), extrayendo in situ con una gota de metanol y corriendo con tolueno-acetato de etilo-ácido fórmico 90% (5+4+1) (Paterson & Bridge 1994). Por ejemplo, *F. avenaceum* y *F. tricinctum* producen antibiótico Y, *F. culmorum* forma fusarina C y zearalenona, *F. equisetifusarocromanona* y zearalenona, mientras que el cultivo de *F. poae* tiene fusarina C (Thrane 2001). La detección de los hongos micotoxinogénicos mediante PCR requiere la disponibilidad de secuencias de ADN específicas para la producción de una toxina en particular. Es una herramienta para útil para pruebas rápidas (Edwards *et al.* 2002). Los anticuerpos monoclonales permiten la investigación y cuantificación de toxina T-2, desoxinivalenol, zearalenona y fumonisinas mediante la técnica de ELISA (Nicholson 2001).

## Tricotecenos

Constituyen una familia de sustancias naturales estructuralmente relacionada, producidas por muchos fusarios y hongos relacionados (*Trichothecium*, *Cephalosporium*, *Myrothecium*, *Trichoderma*, *Stachybotrys*, *Cylindrocarpon*) (Beremand & McCormick 1992). Son tóxicos potentes de las células eucarióticas y causan lesiones dérmicas, alteraciones de la respuesta inmunológica e inhibición de la síntesis de macromoléculas. Tienen una acción letal en dosis altas. Se dividen en dos grupos, uno está formado por los derivados alcohólicos del núcleo tricoteceno y sus ésteres simples, mientras que los ésteres macrocíclicos constituyen el otro grupo más complejo (Takitani *et al.* 1979). De acuerdo a las diferencias en el núcleo tricoteceno los ésteres simples se dividen en: A) los que presentan fluorescencia celeste por acción del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y no reaccionan con AlCl<sub>3</sub>, y B) los que adquieren fluorescencia celeste con AlCl<sub>3</sub> (Eppley 1975). Los tricotecenos inhiben la síntesis de proteínas, dañan las membranas celulares de los glóbulos rojos y tienen un efecto

inmunosupresor. El rechazo del alimento por los cerdos se debe al efecto neurotóxico del desoxinivalenol (tipo B), también llamado vomitoxina. Una sola dosis de 250 mg/kg mantiene su acción hasta ocho días después de ingerida (Miller *et al.* 2001).

### **Control microbial con productos naturales.**

En el marco de una agricultura sostenible, los investigadores se han enfocado a la búsqueda de nuevos compuestos para el control de enfermedades cuya actividad y seguridad ambiental sea adecuada (Wilson *et al.*, 1999; Bautista *et al.* 2004; Boyraz y Ozcan, 2006, Hernández *et al.*, 2007 e Igbinosa *et al.*, 2009). En ese sentido se han desarrollado alternativas naturales, entre las cuales se encuentra el uso de extractos naturales, con los que se han obtenido resultados prometedores. Además los extractos naturales tienen la ventaja de poseer un origen biológico, ser degradables y manifestar un mínimo de impacto negativo sobre la salud humana y el medio ambiente (Bravo *et al.* 2000 y Barrera y Bautista, 2008). Diversos autores han demostrado la actividad antimicrobiana *in vitro* e *in vivo* (Rodríguez *et al.* 2000; Bautista *et al.* 2004; Cárdenas *et al.* 2005, Alzate *et al.* 2009 y Garduno *et al.* 2010).

Se ha sugerido que el efecto de los extractos vegetales sobre los patógenos se deba a los metabolitos secundarios presentes en ellos (Marcano y Hasegawa, 2002). Los aceites esenciales, los fenoles y en algunos casos los alcaloides juegan un papel importante en la defensa de las plantas contra patógenos, insectos y herbívoros (Swain, 1997).

### **Uso de extractos de plantas.**

Se realizaron estudios con extractos de una Cactácea “el músaro”, contra 5 cepas de bacterias, mostrando inhibición contra *Escherichia coli* y *Salmonella thypi* (Rico-Bobadilla, *et al.*, 2001)

Fimbres, y García, (1998), trabajaron con una combinación de extractos de *Pachycereus pecten-aboriginum* y *Lophocereus schottii* reportando actividad bactericida y fungicida.

Flores *et al.* (2001), determinaron la actividad bactericida de las hojas de geranio (*Geranium maculatum*) y de las flores y tallos de *Stapelia gigantea* contra *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* y *Bacillus cereus*, mediante difusión en placa. Los resultados mostraron que el extracto metanólico de *G. maculatum* inhibió todos los microorganismos, mientras que el que presentó el mayor halo de inhibición contra *S. aureus* fue el hexánico de flor de *S. gigantea*.

Cateni *et al.* (2003), mencionan que una gran cantidad de los metabolitos producidos por las plantas presentan efectos antimicrobianos.

Irobi *et al.* (1994), estudiaron las características fitoquímicas y propiedades antimicrobianas de *Bridelia ferruginea*, confirmando la actividad sobre *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *Streptococcus pyogenes*, *S. lactis* y *Klebsiella sp.*

Se ha reportado actividad antimicrobiana sobre diferentes especies de bacterias de interés médico de los extractos hexánicos de hoja de *Carlowrightia cordifolia*, (Cruz-Vega, 2002). NODICE

González. *et al.*, (2001), hicieron preparaciones de los extractos, de tres plantas (*Persea americana*, *Agave lechuguilla* y *Asclepia latifolia*) teniendo como objetivo demostrar y evaluar su actividad biológica sobre bacterias gastrointestinales (*Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*) y hongos causantes de dermatitis (*Candida albicans*, *Candida parapsilosis*, *Criptococcus neoformans*). Las mejores inhibiciones se observaron en la parte aérea del *P. Americana*. Se realizaron cromatografías y bioautografía. Las bandas con mayor actividad biológica fueron las tres fracciones del extracto hexánico de *A. Lechuguilla* y de *A. aff latifolia* sobre *C. parapsilosis*.

Patena *et al.* (2001), evaluaron la actividad antimicrobiana y determinaron las fracciones activas de los extractos obtenidos de *G. conoideum* (Gordolobo) y *Q. amara* (Cuasia). Los resultados obtenidos de la actividad biológica mostraron que los extractos hexánicos de *G. conoideum* presentaron el mayor efecto inhibitorio sobre *Bacillus cereus*. Los demás extractos también mostraron inhibición pero en menor grado. En la bioautografía la fracción con efecto inhibitorio fue la banda con Rf 0.81 de *G. conoideum* que inhibió a *B. cereus*, después se aisló y se le realizaron pruebas químicas dando positiva la prueba de Dragendorff para alcaloides.

Silva *et al.*, (2000), evaluaron la actividad bactericida de dos plantas, *Schinus molle* y *Nerium oleander* “*in vitro*” sobre especies de bacterias que causan enfermedades gastrointestinales (*Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi* y *Shigella flexneri*) utilizando el método de difusión en placa; con una suspensión bacteriana de  $1 \times 10^6$  UFC ml<sup>-1</sup> sobre la superficie de un medio sólido. Los extractos obtenidos de *S. molle* y *N. oleander* presentaron mayor actividad sobre *E. aerogenes*. El extracto en acetona de *S. molle* presentó actividad moderada sobre *S. typhi* y *S. flexneri*; y el extracto en éter de petróleo de *N. oleander* mostró un efecto débil o moderado sobre todos los microorganismos en estudio. La fracción 3 del extracto etéreo de *S. molle* con Rf 0.23 mostró mayor actividad sobre *Enterobacter aerogenes* y *Bacillus cereus*.

Silva *et al.* (2001), efectuaron un estudio con fracciones de actividad antimicrobiana de extractos de cuatro plantas: *Euphorbia pulcherrima*, *Euphorbia trigona*, *Jatropha dioica* y *Ricinus communis*. Encontrando que todos los extractos de las plantas en estudio presentan inhibición sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en mayor o menor proporción. Los extractos etanólicos de *S. molle*, hojas de *R. communis* y *E. trigona* presentan mayor actividad sobre *E. coli*. El extracto más activo fue el etanólico de hojas de *R. communis* sobre *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans* y *C. parapsilosis*. El extracto acetónico de *E. pulcherrima* solo mostró actividad fuerte sobre *C. parapsilosis*;

además se encontró que el extracto acetónico de *E. pulcherrima* inhibía a *B. cereus* de manera similar al cloranfenicol mostrando una diferencia de inhibición de 2 mm menor con respecto al antibiótico. El extractos etanólico de *R. communis* reveló 8 bandas a la luz visible respectivamente mientras que el extracto hexánico de *J. dioica* mostró 6 bandas visibles solo a la luz ultravioleta. Por medio de la bioautografía se observó que la fracción 6 con Rf de 0.84 del extracto hexánico de *J. dioica* presentaba actividad sobre *C. parapsilosis*, las pruebas químicas de ésta fracción revelaron la presencia de insaturaciones y alcaloides.

Por otra parte los extractos de *Flourensia cernua*, *Flourensia retinophylla* y *Flourensia microphylla*, que son plantas endémicas del estado de Coahuila, mostraron actividad antifúngica in vitro en patógenos que atacan los cultivos comerciales: *Alternaria* sp., *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* (Jasso de Rodríguez et al., 2007). Las especies mostraron inhibición total de los patógenos a una concentración de 1500 µl l<sup>-1</sup>.

Morales, (2006), reporta actividad bactericida del extracto metanólico de *Lophocereus schottii* sobre *Salmonella typhi*, *Enterobacter aerogenes* y *Listeria monocitogenes*.

Los extractos de raíz de *Jatropha podagrica*, mostraron actividad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, comparable con la gentamicina. (Aiyelaagbe et al., 2000)

### ***Jatropha dioica***

Su Nombre botánico es *Jatropha dioica* var. *sessiliflora* (H.B.K.) Mc. Vaugh conocida como Sangre de Drago. Nombres comunes en México: batácora (Baja California), coatli, dexthí (Hidalgo), drago, felondilla, gualulo (Hidalgo), matácora (Baja California), piñón de cerro, sangre de drago (Hidalgo, Valle de México), sangre de grado (Durango, Valle de México), sangre gaco, sangregada, sangregado (Coahuila, Durango, Sinaloa, Sonora), sangregado (Durango, San Luis Potosí, Sonora, Zacatecas), sangregao, suzi (Oaxaca), tacote prieto

(Sinaloa, Sonora), telondilla (ciudad de México, Hidalgo), tlapalezpatli (náhuatl), torote amarillo, torote prieto (Baja California) (Manzanero-Medina, 2009).

### **Hábitat**

El hábitat de esta especie es en climas secos, con suelos muy pedregosos sobre las sierras, aunque se logra desarrollar en las faldas de los cerros. Es una especie capaz de crecer en zonas perturbadas en donde es muy difícil que crezcan otras plantas que se tengan más aplicaciones (Blanco, 1983).

Se desarrolla principalmente en las tierras altas, un 86% de los registros estuvieron presentes en alturas entre 1.200 y 2.200 msnm, se encuentra en una zona con una gran diversidad de climas: semi-seco templado muy caliente y seco, templado sub-húmedo y caliente sub-húmedo, sin embargo se han encontrado registros de hasta 2.800 msnm de *Jatropha dioica* (Fresnedo-Ramírez, 2012). Figura 1.

### **Utilización tradicional**

López (1989), menciona como importancia biológica:

- Actúan como repelentes naturales contra predadores y microbios y pueden ayudar de esta manera a proteger la planta.
- Efecto tóxico contra patógenos potenciales por resistencia de ciertos tejidos de la planta al ataque de virus y microorganismos.
- Por su propiedad astringente destruye los tejidos del paladar.
- En frutos maduros dan o causan astringencia.
- Por su habilidad para formar enlaces con las proteínas y otros polímeros y para inhibir enzimas tienen un efecto negativo en la formación de suelo.
- Por la capacidad de los taninos vegetales para combinarse con minerales y materia orgánica, puede tener un efecto tóxico cuando es puesto este tipo de compuestos en el exterior.

- Por sus propiedades intrínsecas los taninos se utilizan en la industria como tintes (café, amarillo, rojo) plásticos, conservadores de pesca y principalmente para curtir pieles de animales.
- En curtiduría se protegen las fibras protéicas de ataques microbianos y en general se da al producto gran estabilidad al agua, calor y abrasión; durante este proceso la piel puede absorber arriba de la mitad de su peso en taninos.

También se utiliza como remedio para: la vaginitis, uretritis, blenorragia, gastroenteritis, estomatitis, conjuntivitis, congestión renal, amigdalitis y como antiséptico local. Además se utiliza para lavar heridas y como astringente (González, 1979, Cantúa S., 1987).

Actúa como antibiótico, vigoriza los dientes flojos (paradontosis o movilidad dental), alivia dolor de dientes y muelas; cicatriza y desinfecta heridas y regenera la piel dañada por quemaduras; desinflama las vías respiratorias (controla el asma, infecciones de la garganta) y las venas (ulceras y hemorroides); cura el acné, verrugas, mezquinos y alergias en la piel; alivia infecciones en los ojos, el pie de atleta, las aftas y herpes; controla la caspa y evita la caída del cabello; cura picaduras y mordeduras de insectos y controla la comezón (Bravo, 2000).

### **Composcion fitoquímica**

*J. dioica* es una especie muy poco estudiada. Las únicas investigaciones que existen se han hecho por científicos mexicanos en colaboración con extranjeros, siendo relativamente antiguas. Sin embargo, de la raíz se han identificado tres diterpenos, la citlalitrióna, jatrofona, y riolosatrióna y un esteral, el R-sitosterol. De las raíces se obtiene un aceite esencial, resina, saponinas, un alcaloide y ácido oxálico. De los tallos emana un látex rico en taninos. Además se ha demostrado que extractos acuosos de la raíz ejercen una actividad antibiótica contra *Staphylococcus aureus* (BDMTM, 2009, Villarreal et al 1988).

La *Jatropha dioica* se ha estudiado poco. Las únicas investigaciones que existen se han hecho por científicos mexicanos en colaboración con extranjeros. De la raíz se han identificado tres diterpenos, la citlaltiriona, jatrofona, y riolosatriona y un esteral, el R-sitosterol. De las raíces se obtiene un aceite esencial, resina, saponinas, un alcaloide y ácido oxálico. De los tallos emana un látex rico en taninos (UNAM, 2009).

Los constituyentes biológicos activos de *Jatropha dioica* que proveen la actividad antimicrobiana son metabolitos secundarios, como polifenoles (Belmares *et al.*, 2009; Castillo *et al.*, 2010), flavonoides y terpenos (Alzamora *et al.*, 2001; Montenegro *et al.*, 2009), los cuales forman parte del mecanismo natural de defensa de la planta contra artrópodos y microorganismos.

Recientemente Aguilera *et al.* (2008) cuantificaron uno de los taninos presentes en *Jatropha dioica*, específicamente el ácido elágico, reportando una concentración de  $0.81 \text{ mg g}^{-1}$  de planta por lo que puede ser considerada como una importante fuente alternativa de dicho compuesto debido a sus propiedades relacionadas a la salud, como acciones antiesteroescleróticas, propiedades anticarcinogénicas resultando en una reducción de cáncer de colon humano, próstata, cervical, lengua, esófago y piel y con propiedades en la industria alimentaria como agente antioxidante.

A pesar de que esta planta contiene ácido elágico, se podría suponer que éste no es uno de sus compuestos principales debido a las bajas concentraciones en las que se encuentra. Pérez *et al.* (2008) mencionan que el aprovechamiento sustentable de los recursos del semidesierto mexicano puede ser asegurado mediante una explotación controlada de las fuentes naturales y el empleo de técnicas de obtención en las cuales los daños a la salud y el medio ambiente sean mínimos.

## **Genero *Jatropha***

### **Propiedades medicinales, fitoquímica y farmacología**

Las especies de este género han sido populares para curar el dolor de estómago, dolor de muelas, hinchazón, la inflamación, la lepra, la disentería, discrasia, vértigo, anemia, diabetes, así como para tratar el VIH y el tumor, oftalmia, tiña, úlceras, malaria, enfermedades de la piel, bronquitis, el asma y como afrodisíaco. También se emplean como plantas ornamentales y cultivos energéticos. Alcaloides péptidos cíclicos, diterpenos y diversos compuestos se han registrado en este género. Los extractos y compuestos puros de las plantas de este género se presentan para la citotoxicidad, actividades de promoción tumoral, antimicrobiano, antiprotozoarios, anticoagulantes, inmunomoduladores, anti-inflamatorios, antioxidantes, protoscolicidal, insecticida, molusquicida AChE, la inhibición y la toxicidad. (Sabandar et al 2013)

Varias especies conocidas de género *Jatropha* se ha informado de sus usos medicinales, componentes químicos y las actividades biológicas tales como la *Jatropha curcas* Linn., *J. chevalieri* Beille, *J. elliptica* Muell. Arg., *J. gaumeri* Greenm., *J. glandulifera* Roxb., *J. gossypiifolia* Linn., *J. grossidentata* Pax et Hoffm., *J. integerrima* Jacq., *J. macrantha*, *J. mahafalensis* Jum y Perrier H., *J. multifida* Linn., *J. nana* Dalz, *J. podagrica* Hook, *J. pohliana* Muell. Arg., *J. tanjorensis* Ellis y Saroja, *J. unicostata* y *J. weddelliana* Baillon.

### **Propiedades medicinales**

Especies de *Jatropha* se han utilizado como plantas medicinales por personas nativas en los países tropicales y subtropicales (Openshaw, 2000). Las especies de *Jatropha* es famosa por el efecto purgante del aceite de la semilla, este efecto purgante se ha dirigido a curar los síntomas del aparato digestivo es decir, la diarrea, la disentería, vómitos, náuseas y dolor de estómago. Contraste con su efecto purgante, Lioglier (1990) informó que las semillas de las especies de *Jatropha* son altamente tóxicas y aconsejó que no utilizarlas en la medicina herbal. Además del aceite de semillas, hojas de algunas especies de *Jatropha*

también tienen un efecto purgante similar. La hoja de *J. integerrima* se informa que poseen un alto efecto purgante que provocó vómitos y deshidratación su consumo en la medicina herbal no se aconseja (Mongkolvisut *et al.*, 2006).

Además, se emplean algunas partes de plantas de *Jatropha* para curar dolencias relacionadas con la piel. El aceite de la semilla, látex, hoja, corteza del tronco o raíz de las plantas de *Jatropha* se aplican sobre la piel infectada es decir, eczemas, picores, forúnculos, ampollas en la boca, heridas e inflamación (Kirtikar y Basu, 1980;. Banerji *et al.*, 1993; Burkill, 1994; Heller, 1996). También se cree sirve para curar enfermedades venéreas y la descarga urinaria (Kirtikar y Basu, 1980; Banerji *et al.*, 1993.). Las raíces de *J. multifida* y *J. gossypiifolia* desde hace tiempo se han aplicado en las personas que sufren de lepra y gonorrea, respectivamente (Kirtikar y Basu, 1980; Burkill, 1994). Este uso sugirió que las plantas de *Jatropha* pueden contener compuestos con propiedades antimicrobianas.

Plantas de *Jatropha* contienen una rica fuente de diterpenos cíclicos que tienen tigliane, casbeno, daphnane, lathyrane, jatrofano, podocarpane y esqueletos rhamnfolane. Diterpenos de tipo Tigliane se encuentran en el aceite de semilla de *J. curcas* y *J. gossypiifolia* como ésteres de forbol que son poliinsaturados diésteres de diterpeno (20-26) (Hirota *et al.*, 1988;. Haas *et al.*, 2002; Jing *et al.*, 2005.). Martínez-Herrera *et al.* (2006) investigaron la concentración de éster de forbol en los granos de semillas de cuatro procedencias (Castillo de Teayo, Pueblillo, Croatzacoalcos y Yautepec) de *J. curcas* de diferentes regiones agroclimáticas de México.

Los extractos de *J. curcas*, *J. gaumeri*, *J. macrantha*. y *J. gossypiifolia* son reportados como citotóxicas hacia las células del melanoma, carcinoma de nasofaringe humana y *Artemia* sp.

Se ha informado que los ésteres de forbol de las especies de *Jatropha* poseen actividad promotora de tumores donde sus acciones estimulan la proteína quinasa C que participan en la transducción de señal y el desarrollo de la

mayoría de células y tejidos. Se encontró que estas acciones a ser responsables para irritantes de la piel y la promoción del tumor (Goel et al., 2007). Algunas especies de *Jatropha* se investigaron las actividades antibacterianas, antifúngicas y antivirales. Se informó de los extractos de *J. curcas*, *J. gaumeri*, *J. gossypifolia*, *J. multifida*, *J. nana* y *J. unicostata* inhiben el crecimiento de bacterias Gram positivas y negativas. Mothana et al. (2006) demostró la acción antiviral de *J. unicostata* hacia la influenza tipo A y tipo herpes simplex 1virus.

Se determinó la adecuación del extracto de la hoja de *J. gossypifolia* como un anticoagulante para los análisis bioquímicos y hematológicos y se encontró que a una concentración más alta de 1,0 ml por ml de la sangre. Se puede utilizar extracto de *J. gossypifolia* para las investigaciones hematológicas, pero sus productos químicos activos deben ser aislados y purificados para su posterior análisis bioquímico (Oduola et al., 2005a).

### **La actividad anti-inflamatoria**

El edema de la pata inducido por carragenina en ratas se reduce por la acción antiinflamatoria de los extractos de *J. curcas* y *J. gossypifolia*. La actividad antiinflamatoria de *J. curcas* se derivó a partir del extracto de metanol de sus raíces (Mujumdar y Misar, 2004), mientras los extractos de éter de petróleo y metanol de partes aéreas secas de *J. gossypifolia* mostraron esta actividad (Panda et al., 2009a).

### **La actividad antioxidante**

La actividad antioxidante de las plantas de *Jatropha* se demostró por *J. gaumeri*, *J.* y *J. macrantha* *unicostata* ensayada mediante DPPH radical y  $\beta$ carotene. Mothana (2011) investigó el extracto de metanol de *J. unicostata* y mostró una actividad antioxidante total del 43,8%.

Desmarchelier et al. (1997) reportaron actividad antioxidante de los extractos de metanol y diclorometano de raíces *J. macrantha* por el enfriamiento rápido de

chemiluminance luminal mejorada. Del mismo modo, el extracto de metanol de las hojas de *J. gaumeri* mostró una actividad prometedora (Sánchez-Medina *et al.*, 2001).

### **La actividad insecticida**

La actividad insecticida de las plantas de *Jatropha* se demostró por *J. curcas* y *J. gossypifolia*. El extracto de la hoja *J. gossypifolia* tuvo compuestos que son tóxicos para los insectos, se ensayó contra las larvas de tres especies de lepidópteros, *Busseola fusca*, *Ostrinia nubilalis* y *Sesamia nonagrioides*. Estos lepidópteros son plagas importantes de maíz en África, Europa y países del Mediterráneo (Valencia *et al.*, 2006).

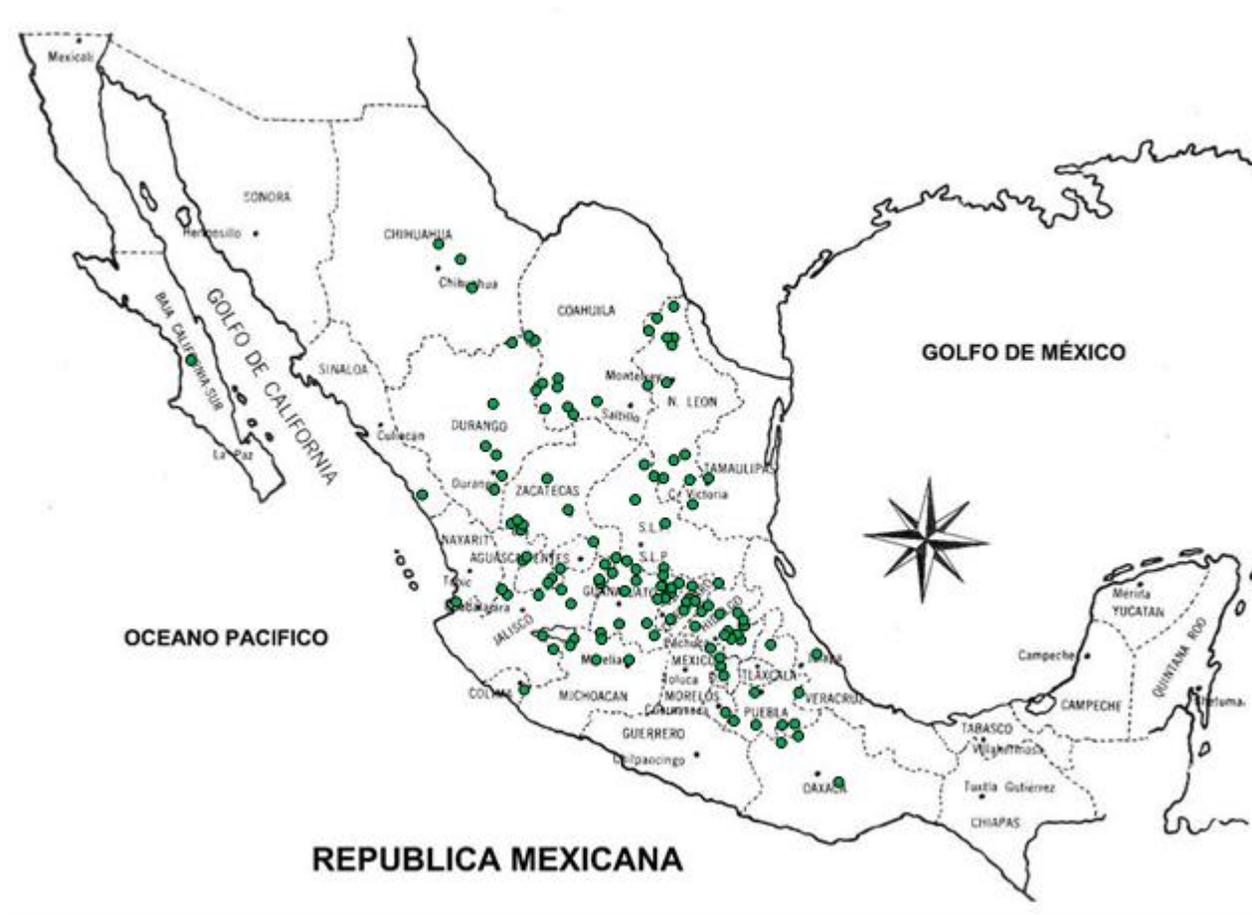


Figura 1. Mapa de distribución de la *Jatropha dioica* en México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta y preparación de material biológico

Se realizó la colecta de plantas en el mes de Mayo de 2012, en el Ejido Puerto Rocamontes ubicado a 1940 metros de altitud sobre el nivel del mar de coordenadas 24°43'60" N y 101°10'59" E, por la carretera federal 54, Saltillo-Zacatecas. En este sitio la *J. dioica* cohabita con *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Optunia* sp. (Sosa *et al.*, 2006). La planta se desarrolla en suelo pedregoso de baja fertilidad, en la falda del cerro y en zonas perturbadas, próximas a la carretera. El sitio se encuentra en la región sureste de Coahuila, en las zonas semiáridas en donde predomina el clima extremo; temperatura media anual 20.06<sup>0</sup>, temperatura máx. 28.1<sup>0</sup> temperatura min 10.36<sup>0</sup>; precipitación total anual 319.17 mm.

Los tallos y rizomas de las plantas se cortaron al raz del suelo, se colocaron en bolsas de plástico transparente y se transportaron al laboratorio de Fitoquímica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en donde los tallos y rizomas se secaron a temperatura ambiente, enseguida se trozaron en un trozador de ramas (chipper), y a continuación se molieron en un molino Thomas Wiley.

### Obtención del extracto

Para la extracción mediante el método Soxhlet se utilizaron 5 grs de material molido en una solución de etanol-agua (25:75), la extracción se mantuvo durante 72 h, al finalizar se evaporó el solvente y se obtuvo el rendimiento.

Para la obtención de un mayor rendimiento del producto se optimizó un método de extracción piloto, en el que se utilizaron frascos de plástico de 20 litros. Se

colocó el material molido de *J. dioica* en solución etanol-agua, la extracción duro 72 h al termino de la extracción de obtuvo el rendimiento

### **Establecimiento del experimento en invernadero**

El experimento se llevó a cabo en el invernadero de alta tecnología del departamento de Forestal (figura 2), ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se localiza a 7 km al sureste de la ciudad de Saltillo entre los paralelos 25°16´13" y 25° 21 28 de latitud norte y los meridianos 100° 59 43 y 101° 00 25 de longitud oeste, a una altura de 1743 msnm. El experimento se realizó durante el ciclo Primavera-Verano del 2013.

De acuerdo a la clasificación climática de Köeppen, modificada por García (1987) el clima de Saltillo corresponde a un seco estepario.



Figura 2. Invernadero de alta tecnología donde se llevó a cabo el experimento

En general la temperatura y precipitación media anual son de 18°C y 365 mm respectivamente, los meses mas lluviosos son principalmente los que comprenden entre julio y septiembre, concentrándose la mayor parte en el mes de julio. La evaporación promedio mensual es de 178 mm, presentándose las más altas en los meses de mayo y junio con 236 y 234 mm respectivamente.

### **Material vegetativo.**

Se utilizó para este trabajo de investigación, el tomate con las siguientes características.

Línea avanzada de tomate con genealogía P-083-SVA.

Hábito: determinado tipo saladette

Fecha de siembra: 29 de marzo del 2013 en charolas de poliestileno de 200 cavidades en invernaderos de Villa de Arista, S.L. P.

Fecha de extracción de la planta de la charola después de la siembra: 34 días después de la siembra:

Fecha de trasplante: 4 de mayo en las condiciones dela bolsa que usted manejo para el trasplante

Características de la línea: resistencia a: V, F1-2, N, St, Bst

V= *Verticillium albo-atrum*

F1-2= resistencia a *Fusarium oxisporum*, resistencia a raza 1 y raza 2 más no a la raza 3 de *Fusarium*

F1.sp. *lycopersici*

N= nemátodos

St= *estemphylium solani*

Bst= peca bacteriana

## Sustrato

Se prepararon las macetas de plástico de 4 galones de capacidad con una mezcla de perlita-peat moss-suelo esterilizado (1:1:1) (Figura 3).



Figura 3. Llenado de las macetas con el sustrato perlita-peatmoss-suelo esterilizado (1:1:1)

## Diseño experimental

Se estableció bajo un diseño completamente al azar con 6 tratamientos, 2 testigos y 10 repeticiones: T1: Testigo absoluto; T2: Testigo inoculado; T3: 100 ppm; T4: 300 ppm; T5: 500 ppm; T6: 1000 ppm; T7: 2000 ppm y T8: 3000 ppm. El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 19).

## Inoculación y trasplante

Las plántulas de T2 a T8 fueron inoculadas antes del trasplante con una solución de  $1.7 \times 10^6$  esporas  $\text{ml}^{-1}$  de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*



Figura 4. Inoculación de plántulas de tomate con una solución de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*

El trasplante se llevó a cabo el día 04 de mayo de 2013, en macetas de plástico de 4 galones antes de colocar las plántulas en las macetas se humedeció el sustrato.

## Aplicación del extracto

Considerando los objetivos del presente trabajo se realizó la aplicación de las diferentes dosis del extracto de *Jatropha dioica* (EJD) para el control de la marchitez causada por *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* en 6 diferentes concentraciones: 100, 300, 500, 1000, 2000 y 3000 ppm de EJD.



Figura 5. Aplicación del extracto de *Jatropha dioica* a las plantas de tomate.

Se realizaron cuatro aplicaciones del EJD en diferentes días después del trasplante (ddt), como se describe a continuación:

Primera aplicación.- Inmediatamente después del trasplante

Segunda aplicación.- 10 ddt

Tercera aplicación.- 20 ddt

Cuarta aplicación.- 40 ddt



Figura 6. Panorámica de la distribución del experimento de tomate en el trasplante.

Es importante señalar que se aplicaron 100 ml, 100 ml, 300 ml y 300 ml respectivamente en cada fecha, dichas aplicaciones fueron directamente al sustrato junto al área radicular.

### Riego

Este se llevó a cabo mediante un sistema de riego por goteo, la programación de como y cuando regar en forma automática, para ello se utilizo la siguiente relación (Márquez, 1998)

$$ETr = E_b K_b K_c$$

$ETr$  = evapotranspiración real ó consumo de agua real del cultivo (mm/día)

$E_b$  = evaporación de bandeja (mm/día)

$K_b$  = coeficiente de bandeja (0.9)

$K_c$  = coeficiente de cultivo.

Para el control del riego se instaló una bomba sumergible, un timer para la programación del riego, además de accesorios hidráulicos tales como: tees, cople, reducciones y codos de 90°.

### **Fertilización**

La fertilización se llevó a cabo con la solución de Steiner, La misma fue publicada por el Dr. Abram A. Steiner en un artículo para fertilizar el cultivo de tomate titulado "Soiless Culture," en los resúmenes del 6to Coloquio del Internacional Potash Institute en Florencia, Italia, en 1968.

### **Floración y fructificación.**

La floración ocurrió a los 15 ddt, la fructificación a los 34 ddt,

### **Preparación de solución para el riego del experimento**

Se prepararon 5 litros de solución de extracto de *J. dioica*, esta solución se preparó totalmente con agua de la red, a las dosis de 100 ppm, 300 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm y 3000 ppm de EJD, se pusieron en agitación por 30 min y se tomaron el pH y CE.

### **Entutorado**

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo sosteniendo cada planta con rafia iniciando esta práctica cuando la planta alcanzó una altura de 20 cm con la finalidad de mantener la planta erguida y guiarla durante todo el ciclo del cultivo, (figura 7). después del trasplante se inició el crecimiento del tallo el cual se va enredando con hilo rafia evitando el estrangulamiento de éste, atado a unas estacas de madera, para posteriormente y conforme la planta presentó crecimiento se enreda la rafia a la planta, el enredo del tallo debe ser a una distancia adecuada, si son muy cortas la vueltas podemos dañar el tallo e interferir en el transporte de agua, nutrientes y fotoasimilados, si las vueltas son muy largas se corre el riesgo de que cuando los frutos crezcan y adquirieran

mayor peso, el tallo se deslice sobre la rafia y se rompa afectando los rendimientos, dicha labor fue realizada cada semana.



Figura 7. Entutorado de las plantulas de tomate en el invernadero

### **Poda de tallos y hojas**

*Poda de axilares*, con la finalidad de mantener la planta a un solo tallo se realizó esta práctica, tratando siempre que se eliminaran en el estado mas tierno de los brotes para evitar daños en la planta, la finalidad es evitar competencia con el tallo principal.

*Poda de hojas senescentes*. Se realizó esta labor para evitar que esas hojas se vuelvan parásitas, ya que en este estado dejan de producir fotosintatos. En esta poda se eliminaron las hojas bajas hasta donde se encontró el primer racimo, (de abajo hacia arriba) en producción a lo largo del ciclo. Con la poda de hoja

se logra una mayor ventilación para tener menos enfermedades, se mejora y uniformiza la coloración de los frutos. Es importante no realizar una poda muy severa al mismo

### **Cosecha de frutos**

Esta actividad se realizó a partir de los 67 ddt, dos o tres veces por semana, los frutos se cortaban y se pesaban por número de repetición y por número de tratamiento en una balanza semianalítica, además se realizó la medición de diámetro polar y ecuatorial de los frutos.

### **Control de plagas y enfermedades**

Para determinar la presencia y control de plagas y enfermedades se realizaron muestreos diarios. A los 7 (ddt) el cultivo se mostró afectado por *Paratrioza cockerelli* (sulc.) y Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) mostrando las plantas resistencia para el ataque de ambas enfermedades. Se aplicó inex-a, decís, confidol y Agrimicin 500, las aplicaciones se definieron en función de la presencia de las mismas.

### **Variables evaluadas**

En planta se midió la incidencia y severidad de la enfermedad en el follaje de las plantas además se midieron las variables de crecimiento durante el desarrollo del cultivo, tales como: altura de planta y diámetro de tallo; número de nudos, entrenudos y hojas, peso seco total de las plantas y peso seco de tallos y hojas por tratamiento; observación de las raíces en fresco y peso seco de raíces por tratamiento.

### **Rendimiento de fruto**

De los frutos se evaluó número de frutos y peso fresco de frutos por tratamiento, diámetro polar y ecuatorial.

## **Variables de calidad de los frutos**

Con rendimiento se evaluó de los frutos firmeza, contenido de sólidos solubles totales, pH y contenido de vitamina C de los frutos.

## **Técnicas de medición de variables**

### **Severidad**

Esta variable se determinó de acuerdo a la escala propuesta por Engelhard (1986) que establece un rango de 0 a 5, que se relaciona con síntomas necróticos hoja; tubos vasculares del tallo dañadas, las hojas blanqueadas, retraso del crecimiento y las plantas muertas.

Donde:

0 = Ningún síntoma visible en hojas

1 = Clorosis o decoloración vascular en 1 ó más hojas

2 = Clorosis ó decoloración vascular o ambas, daño en hojas ó vástago ó ambos

3 = Síntoma de las hojas marchitas

4 = Síntoma de hoja marchita y crecimiento limitado de la planta.

5 = Muerte de la planta.

### **Incidencia**

Se evalúa por la marchitez de la planta el criterio es visual se toma en cuenta el número asignado en la severidad, es decir, cuales están presentando la enfermedad en la evaluación de esa variable se observaron las plantas por tratamiento y se les asignó el número de la escala según presentaron la enfermedad, posteriormente se contabilizaron cuantas de las 10 repeticiones estuvieron sanas.

% de Incidencia = (No. plantas enfermas / No. total de plantas) x 100

### **Peso de raíces**

Las raíces de las plantas cosechadas y en las macetas de plástico se transportaron al laboratorio de Fitoquímica, se vació el sustrato de la maceta a un balde de plástico y posteriormente se lavaron cuidadosamente, para evitar el rompimiento de las raíces. Se efectuaron las observaciones visuales. Con la ayuda de un bisturí se realizó un corte longitudinal de la raíz principal, con el objeto de visualizar la presencia o ausencia de los síntomas de la enfermedad, se hizo un reporte escrito de las condiciones o características que presentaban las raíces y posteriormente se colocaron sobre papel filtro y se hicieron las comparaciones con el testigo y se tomaron fotografías. Se dejaron secar por un periodo aproximado de 48 hrs a temperatura ambiente, transcurrido ese tiempo se pesaron en una báscula digital modelo Scout pro SP6000, marca OHAUS, capacidad máxima 6000 g.

### **Altura de la planta (cm).**

Para esta variable se midieron todas las repeticiones de los tratamientos, y se tomó en cuenta para la medición desde la superficie del sustrato hasta el punto de abscisión de la última hoja emergida. La primera evaluación se realizó a los 10 ddt, a partir de esta fecha la variable fue evaluada cada 7 días durante el ciclo del cultivo, con cinta métrica con capacidad para medir 2 metros.



Figura 8. Altura de la plantas de tomate en invernadero

### **Diámetro de tallo (mm)**

Al igual que en la altura de la planta se realizaron las mediciones cada 7 días en todas las repeticiones de los tratamientos con la ayuda de un vernier digital marca Stainless Hardened de 100 mm, se tomó el tallo a 1 cm del sustrato y se procedió a ajustar el vernier al tallo y finalmente se tomaba la lectura en mm.



Figura 9. Medición de diámetro de tallo de plantas de tomate en invernadero.

## **Cosecha**

### **Peso fresco de planta.**

Para la realización de esta variable se cortaron las plantas desde el cuello que divide a esta de la raíz, se pesaron inmediatamente en una báscula digital modelo Scout pro SP6000, marca OHAUS, capacidad máxima 6000 g.

### **Peso fresco de hojas**

Después de cortar todos los folíolos se pesaron las hojas en una báscula digital modelo Scout pro SP6000, marca OHAUS, capacidad máxima 6000 g.

### **Peso fresco de tallos**

El tallo se cortó en segmentos y se peso en la balanza digital modelo Scout pro SP6000, marca OHAUS, capacidad máxima 6000 g.

### **Peso seco de las hojas.**

Posteriormente los folíolos se introdujeron en una bolsa de papel que se colocó en una estufa de secado marca MAPSA modelo HPT 18, a una temperatura de 60°C por un tiempo aproximado de 48 horas, después de este tiempo se sacó la muestra contenida en la bolsa y se pesó la materia seca de las hojas, en una balanza digital modelo Scout pro SP6000, marca OHAUS, capacidad máxima 6000 g. y finalmente se tomo la lectura en g.

### **Peso seco de tallos.**

En esta variable el tallo fue cortado en segmentos y después los tallos se introdujeron en una bolsa de papel, que se colocó en una estufa de secado a una temperatura de 60° C por un tiempo aproximado de 48 horas, después de este tiempo se sacó la muestra contenida en la bolsa y se pesó la materia seca de tallo en una balanza digital modelo Scout pro SP6000, marca OHAUS, capacidad máxima 6000 g. y finalmente se tomo la lectura en gramos.

### **Número de nudos y entrenudos**

Después de desprender todas las hojas, se procedió a contar el total de nudos y entrenudos del tallo.

### **Número de hojas**

De las plantas de cada tratamiento se desprendían uno a uno los folíolos con unas tijeras de podar y se realizaba el conteo.

### **Número y peso fresco de frutos.**

Los frutos obtenidos en cada corte eran recolectados en bolsas de papel identificadas por tratamiento, después los frutos fueron pesados y contabilizados por planta y tratamiento, se anotó el peso y finalmente la lectura solo era tomada como número de frutos.

### **Diámetro ecuatorial**

Es la distancia entre las dos partes centrales de las dos caras del tomate, es decir, la longitud transversal medida perpendicularmente (Saus, 1997).

### **Diámetro polar**

Es la distancia entre el pedúnculo y el ápice del fruto (Saus, 1997).

### **Variables de calidad.**

#### **Firmeza**

La firmeza de los frutos es un parámetro que mide la resistencia de penetración de los tejidos del fruto. Este es un factor importante, ya que la firmeza está relacionada con los frutos sanos, la concentración de azúcar, pH, sabor y aroma del fruto. Este parámetro se puede medir con pruebas destructivas que miden la resistencia que tienen al penetrar la corteza del tomate e introducirse a la pulpa (Kader, 1986). Se tomaron 30 tomates en total por el experimento, se utilizó una puntilla de 8 mm con un instrumento llamado penetrómetro. El procedimiento

consta de perforar la corteza del tomate e introducirlo hasta la pulpa ejerciendo una presión y obteniendo una lectura en kg. fuerza.

### **pH.**

El pH es más que una escala que nos permite medir el grado de acidez o alcalinidad de las disoluciones, es una medida de la cantidad de iones hidrogeno (H) presentes en una disolución. Una de las formas más usadas de medir la acidez de cualquier medio, es utilizar la escala pH. Los pH comprendidos entre 1 y 6 son ácidos, el pH 7 es neutro, y los pH comprendidos entre 8 y 14 son alcalinos o básicos.

El procedimiento para medición de pH utilizando un potenciómetro marca Conductronic modelo pH 10, y los pasos a seguir fueron:

1. Calibrar el potenciómetro, con solución tampón o buffer pH 7 color amarillo, marca Fermont.
2. Introducir el electrodo en el jugo de las muestras de tomate.
3. Anotar la lectura.

### **Contenido de sólidos solubles totales.**

Los grados Brix (°B) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Los grados Brix se miden con un refractómetro de marca ATAGO modelo N-2E rango de 0-32% °Brix.

Para los frutos se realizó el procedimiento que se describe a continuación:

1. Se extrajeron gotas de jugo del tomate.
2. Se Introdujo en el refractómetro.
3. Se tomó la lectura y se anotaron resultados.

## Vitamina C

Se pesaron 20g de las muestras y se molieron en mortero con 10mL de HCl al 2% después se agregó 100 mL de agua destilada hasta homogeneizar. Se filtró el contenido del mortero a través de una gasa, se tomaron 10 mL del filtrado y se colocó en un matraz Erlenmeyer. Se estableció el equipo de titulación utilizando como solución titulante el reactivo de Thielmann hasta alcanzar un vire de coloración rosada. Se calculó el contenido de vitamina C mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de } \left( \frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) \text{ vitamina C.} = \frac{\text{mL de reactivo Thielman gastados}}{VA \times P} \times 0.088 \times VT \times 100$$

Donde:

0.088: miligramos de ácido ascórbico equivalentes en 1 ml de reactivo de Thielmann.

VT: volumen total en mL del filtrado de vitamina C en HCl.

VA: volumen en mL de la alícuota valorada.

P: peso de la muestra en gramos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Severidad e incidencia de la enfermedad.

Los resultados mostraron que los valores mínimos de severidad (1.4) e incidencia (40%) fueron para el T3 con la dosis de 100 ppm de extracto de *Jatropha dioica* (EJD) (Tabla 1). Lo anterior muestra que esta dosis controló el ataque de *F. oxysporum*, por el contrario la dosis de 300 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm y 3000 ppm de EJD presentaron una incidencia entre 80 y 100% de ataque de *F. oxysporum* (Tabla1).

Tabla 1. Incidencia y severidad en las plantas de tomate causadas por *F. oxysporum*

TRATAMIENTOS	SEVERIDAD	INCIDENCIA %
T1	0,8	70
T2	2,6	100
T3	1,4	40
T4	2,2	80
T5	3,4	90
T6	4	100
T7	1,7	80
T8	2,8	90

La inhibición del *Fusarium* por el EJD se podría atribuir a los metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas que produce esta planta (Cherif y Benhamou 1990). Villarreal *et al.* (1998) identificaron un nuevo diterpeno epóxido llamado Citlalitrión de las raíces de *Jatropha dioica*, extraídas con metanol, así como un diterpeno tricíclico de nombre riolozatrione. Sabander *et al* (2013) reportaron 14 especies de *Jatropha* con propiedades citotóxica, antimalarial y antimicrobial.

Además los mismos autores reportaron que las raíces y tallos de *J. curcas*, *J. elliptica*, *J. gaumeri*, *J. gossypiifolia*, *J. grossydentata*, *J. integerrima*, *J. multifida*, *J. podagrica*, y *J. weddelliana*, contienen compuestos diterpenoides con actividades anticancerígenas, citotóxicas, antitumorales, antimalarial, antileishmanial, antimicrobial, insecticida y molluscicida. Por lo anterior consideramos que estos compuestos podrían estar presentes en el extracto de *J. dioica* confiriéndole la actividad antifúngica contra *F. oxysporum sp lycopersici* Lopez-Ibarra y Mendoza-Moreno (2000) reportaron la presencia de taninos condensados presentes entre la corteza y la madera de *J. dioica* siendo mayor la concentración en la corteza ( $p < 0.05$ ). Lambert *et al.* (2001) mostraron que los mecanismos de inhibición de los compuestos con estructuras fenólicas (altamente activos) es debido al daño que causan a la integridad de la membrana del patógeno, también afecta el pH, la homeóstasis y el equilibrio de iones inorgánicos

En la figura 10 se observa que la planta del tratamiento de 100 ppm (EJD) tuvo un mejor desarrollo que los demás tratamientos a los cuales se les aplicaron las diferentes dosis de EJD. Las plantas regadas con la dosis de 1000 ppm (T6) de EJD presentaron signos evidentes de clorosis y marchitamiento. (Figura 10)



T3

T6

Figura 10. Plantas de tomate regadas con las dosis de 100 ppm (T3) y 1000 ppm (T6) de EJD

Las plantas que recibieron el tratamiento de 100 ppm (T3) de EJD y que reportaron la menor incidencia (40%) se presenta en la Figura 11 comparativamente con una planta del tratamiento de 500 ppm (T5) que presento una incidencia del 90% además de signos evidentes de marchitez causados por *F. oxysporum*.

Se puede observar además la planta regada con la dosis de 1000 ppm (T6) de EJD, la cual presenta achaparramiento y marchitez ocasionada por una incidencia del 100% de *F oxysporum*.

Lo anterior muestra como la dosis de 100 ppm de EJD controló el efecto del patógeno en las plantas de tomate. Los resultados de este trabajo concuerdan con los de Rodríguez y Montilla (2002) quienes demostraron que el extracto de *Citrus paradisi* tiene efecto sobre el control de la marchitez causada por *F. oxysporum f. sp lycopersici* al aplicar el extracto en las raíces de las plantas antes del trasplante, como un efecto protector, pero fue necesario realizar aplicaciones semanales al suelo para controlar la enfermedad. Los investigadores suponen que el producto (*C. paradisi*) es absorbido por las raíces y conducido a través de los vasos del xilema.



Figura 11. Planta sana, (T3), planta con amarillamiento de hojas (T5) y planta con poco crecimiento (T6).

El efecto de las dosis del extracto de *Jatropha dioica* en el control de *F. oxysporum f. sp lycopersici* en las plantas de tomate, es posible observarla en los tallos de las plantas de los diferentes tratamientos (Figura 12) en donde podemos observar al testigo inoculado (T2) en el cual se presenta a lo largo de los tallos la necrosis ocasionada por *F. oxysporum*, por el contrario al observar los tallos del tratamiento de 100 ppm de EJD (T3), en estos no se observa la necrosis, lo cual nuevamente confirma que la dosis de 100 ppm protegió las plantas de tomate. Continuando con la observación de los tallos de los tratamientos T5 y T6, a los cuales se les aplicaron dosis de 500 y 1000 ppm de EJD respectivamente en los cuales la necrosis producida por el patógeno se presenta a todo lo largo de los tallos, lo cual constata el alto porcentaje de incidencia en estos tratamientos (Tabla 1). Todo lo anterior se conjunta para afirmar que el extracto de *Jatropha dioica* a 100 ppm protegió a las plantas de tomate contra el ataque de *F. oxysporum f. sp. lycopersici*.

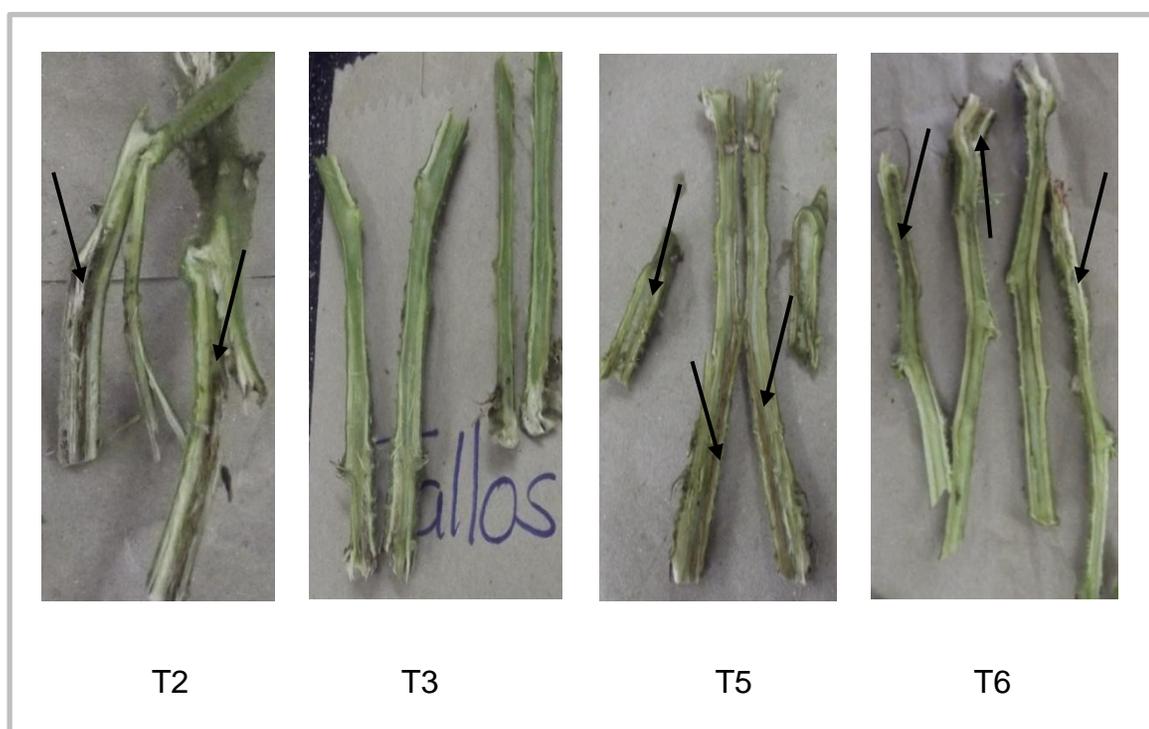


Figura 12. Tallos sanos y tallos con síntomas causados por *Fusarium oxysporum*

### Peso seco de raíces de plantas de tomate.

Los resultados del análisis estadístico de peso seco de raíces mostraron diferencia significativa entre tratamientos ( $p < 0.05$ ): (Tabla 2). El Testigo absoluto (T1) y el tratamiento de 100 ppm estadísticamente fueron iguales y diferentes al resto de los tratamientos lo anterior nos indica que la dosis de 100 ppm de EJD evitó la entrada del patógeno a las raíces de la planta, permitiendo un desarrollo radical similar al del testigo absoluto.

Tabla 2. Análisis de varianza para peso seco de raíces.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	69,862	7	9,98	3,281*	0,004
Intra-grupos	219,008	72	3,042		
Total	288,869	79			

El efecto del extracto de *J. dioica* en el desarrollo radical de las plantas de tomate inoculadas con *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* se muestra en la Figura 13. Podemos observar que el tratamiento de 100 ppm (T3) de EJD, presenta en general un desarrollo de raíces mayor que el del testigo inoculado (T2), además la coloración de las raíces de T3 es color crema, mientras que las de T2 son café oscuro. Al comparar las raíces del T3 con las del testigo absoluto se encontró que ambas son similares en particular en cuanto a grosor de las raíces y al color crema del sistema radical. El efecto ocasionado por el extracto de *J. dioica* podría atribuirse a la presencia de algunos compuestos como terpenos y péptidos cíclicos que pudieran estar presentes en el extracto de *J. dioica*. Los cuales podrían causar rompimiento de la membrana del patógeno a través de los compuestos lipofílicos (Rodríguez-Pedrozo *et al.*, 2012). En relación a los tratamientos de 300, 500, 1000 y 3000 ppm se observa que el desarrollo radicular fue menor que el del testigo absoluto y comparativamente con el testigo inoculado (T2), el tratamiento 4 tuvo un

desarrollo similar a T2 y presentó síntomas de necrosis en las raíces principales y secundarias, es importante mencionar que la coloración café oscuro en el T4 tuvo una menor intensidad que en el testigo inoculado. Al respecto de los tratamientos de 500 y 3000 ppm de EJD, el sistema radical presentó un menor desarrollo que el del testigo inoculado, las raíces primarias y secundarias presentaron los síntomas de necrosis con una coloración café, y con la característica que presentaron adelgazamiento de las raíces. El caso del tratamiento de 1000 ppm EJD fue el que presentó el menor desarrollo radicular de los tratamientos, y las raíces de las plantas presentaron un color café oscuro, observándose un mayor adelgazamiento de las raíces con respecto al Testigo inoculado (T2) y un aspecto esponjoso. Lo anterior indica que la dosis de 1000 ppm de EJD no tuvo control en el ataque de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* a las plantas de tomate.



Testigo Absoluto (T1)



Testigo inoculado (T2)



100 ppm (T3)



300 ppm (T4)



500 ppm (T5)



1000 ppm (T6)



2000 ppm (T7)



3000 ppm (T8)

Figura 13. Raíces de los diferentes tratamiento

En relación al T7 el sistema radicular presentó un desarrollo similar al T3, sin embargo las raíces presentaron síntomas de necrosis, con un color café además de adelgazamiento de las raíces secundarias, mostrando un aspecto esponjoso.

### Altura de la planta

Los resultados de la prueba de homogeneidad de varianza para altura de planta mostraron que los tratamientos: Testigo absoluto, 2000 ppm y 100 ppm de EJD, presentaron mayor crecimiento en las fechas evaluadas del experimento, reportando valores promedio de 70.9 cm, 69.1 cm y 66.8 cm, respectivamente (Tabla 3, Figura 14).

Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianza.

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
T1 Testigo absoluto	3.761	12	117	.0000793625
T2 Testigo inoculado	7.111	12	117	.0000000013
T3 100 ppm	3.882	12	117	.0000524484
T4 300 ppm	5.547	12	117	.0000001934
T5 500 ppm	35.662	12	117	.0000000000
T6 1000 ppm	11.608	12	117	.0000000000
T7 2000 ppm	1.467	12	117	.1465659214
T8 3000 ppm	7.566	12	117	.0000000003

Esta respuesta de las plantas de tomate a los tratamientos, nos indica que las dosis de 100 ppm y 2000 ppm de EJD protegieron a las plantas de tomate del ataque de *F. oxysporum*, tomando en cuenta que los valores promedio de la altura en los dos tratamientos son estadísticamente similares al del testigo absoluto.

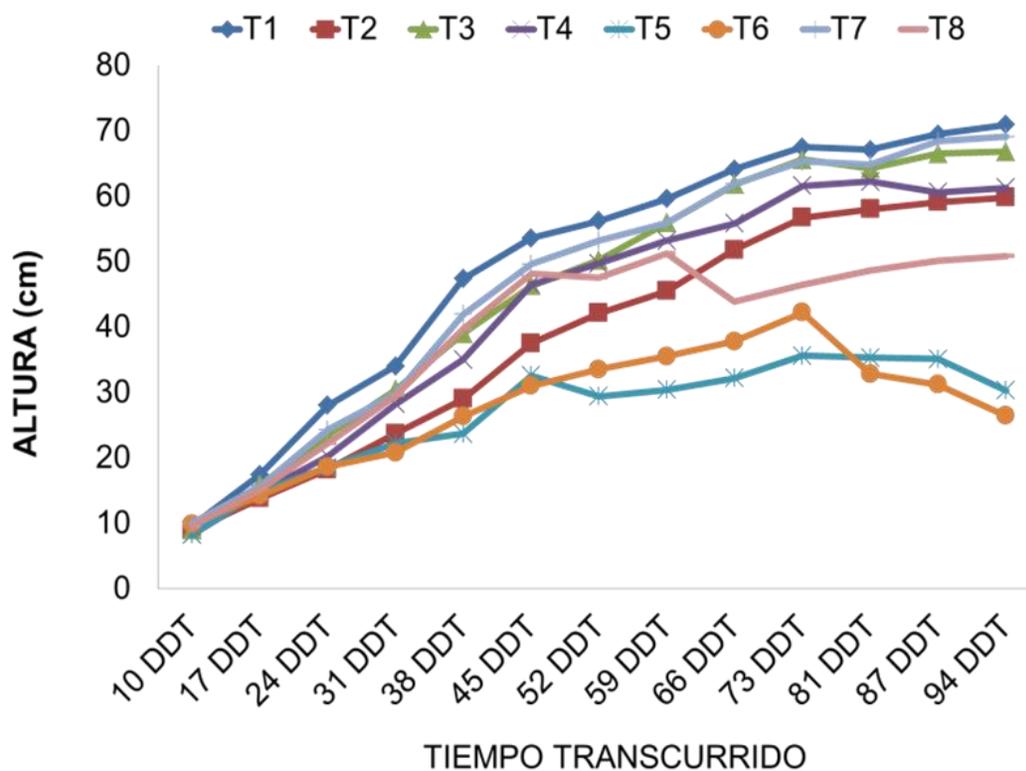


Figura 14. Altura de la planta

Además el análisis de varianza de los datos de altura entre tratamientos y fechas de muestreo, presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los tratamientos: Testigo absoluto, testigo inoculado, 100 ppm, 300 ppm, 2000 ppm y 3000 ppm de EJD, lo cual significa que estos tratamientos presentaron crecimiento a lo largo del ciclo del cultivo.

Tabla 4. Analisis de varianza de la altura de la planta.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
T1	Inter-grupos	47.051.369	12	3.920.947	104.802*	.0000000000
	Intra-grupos	4.377.325	117	37.413		
	Total	51.428.694	129			

T2	Inter-grupos	38.381.823	12	3.198.485	3.452*	.0002299116
	Intra-grupos	108.416.025	117	926.633		
	Total	146.797.848	129			
T3	Inter-grupos	48.278.769	12	4.023.231	6.123*	.0000000298
	Intra-grupos	76.870.800	117	657.015		
	Total	125.149.569	129			
T4	Inter-grupos	44.709.581	12	3.725.798	4.704*	.0000031914
	Intra-grupos	92.670.850	117	792.059		
	Total	137.380.431	129			
T5	Inter-grupos	8.901.992	12	741.833	.882	.5666646902
	Intra-grupos	98.355.125	117	840.642		
	Total	107.257.117	129			
T6	Inter-grupos	10.141.569	12	845.131	1.014	.4403972410
	Intra-grupos	97.480.325	117	833.165		
	Total	107.621.894	129			
T7	Inter-grupos	50.857.677	12	4.238.140	12.818*	.0000000000
	Intra-grupos	38.684.600	117	330.638		
	Total	89.542.277	129			
T8	Inter-grupos	24.577.723	12	2.048.144	3.933*	.0000439228
	Intra-grupos	60.922.000	117	520.701		
	Total	85.499.723	129			

Por otra parte los tratamientos de 500 ppm (T5) y 1000 ppm (T6) de EJD, no presentaron diferencia estadística lo cual nos indica que las plantas tuvieron un menor crecimiento (30.3 cm y 26.4 cm, respectivamente), en relación al resto de los tratamientos evaluados (Tabla 4, Figura 13). Los valores bajos de altura presentados en T5 y T6, lo podríamos atribuir a que las dosis del extracto (500 y 1000 ppm de EJD, respectivamente), no lograron controlar el ataque del *F. Oxysporum*, el cual pudo penetrar a través de las heridas de la raíz y propagarse intercelularmente a través de esta, cuando el patógeno se encuentra en los vasos, el micelio se ramifica y produce microconidios en su

interior, que son desprendidos y llevados a la parte superior de la planta por el flujo ascendente del agua del xilema (Agris 2006). Lo anterior provocó achaparramiento de las plantas, lo cual es un síntoma característico de la presencia de *Fusarium oxysporum*; (Tello y Lacasa, 1987).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el análisis de varianza de peso seco de raíces de las plantas (Tabla 2), así como con las observaciones realizadas a las raíces en cosecha (Figura 13). El análisis conjunto de esta información nos da como resultado que la dosis de 100 ppm (T3), promovió en las plantas de tomate una mayor protección contra el ataque de *F. oxysporum*, en relación a la dosis de 2000 ppm (T7) de EJD.

### Diámetro de tallo

La prueba de homogeneidad de varianza para diámetro de tallo mostró que los tratamientos: Testigo absoluto (T1) y el de 2000 ppm (T7) de EJD, presentaron mayor diámetro de tallo, seguidos del tratamiento de dosis de 100 ppm (T3) de EJD, con valores promedio de 12.84 mm, 13.18 mm y 11.45 mm, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de homogeneidad de varianza para diámetro de tallo

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
T1 Testigo absoluto	2.461	12	117	.007
T2 Testigo inoculado	7.649	12	117	.000
T3 100 ppm	3.609	12	117	.000
T4 300 ppm	4.318	12	117	.000
T5 500 ppm	31.453	12	117	.000
T6 1000 ppm	9.569	12	117	.000
T7 2000 ppm	1.503	12	117	.133
T8 3000 ppm	9.444	12	117	.000

Esto significa que las plantas de estos tratamientos desarrollaron mayor grosor de tallo, lo cual se puede atribuir a la protección que contra *F. oxysporum*, les

brindaron los componentes biológicos del EJD, a través de las dosis aplicadas durante el desarrollo del cultivo (Figura 14)

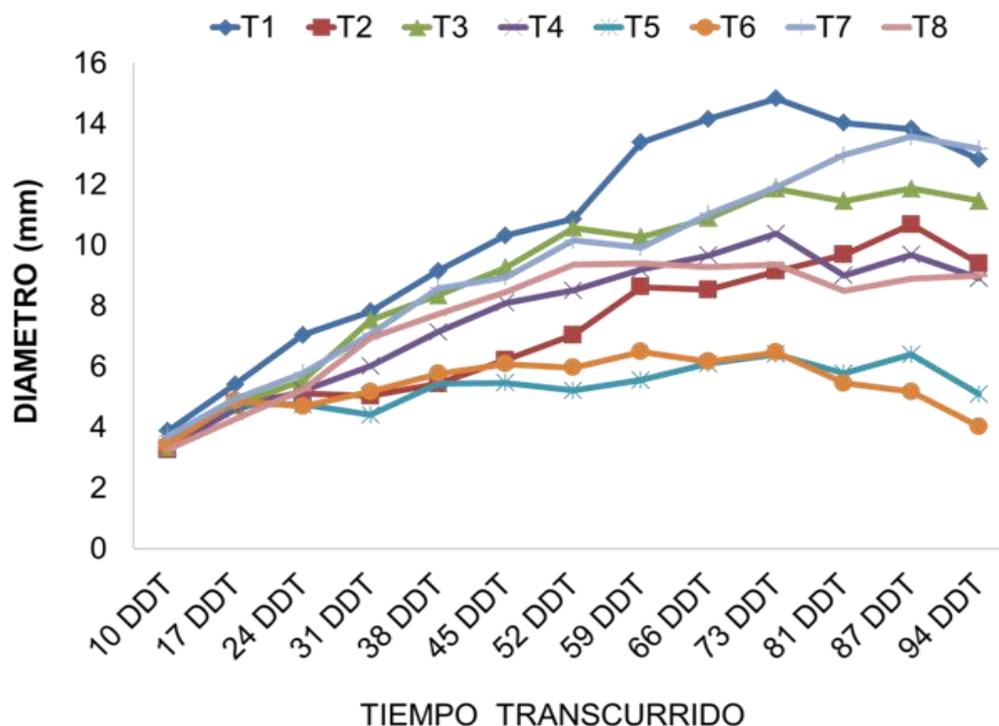


Figura 15. Diámetro de tallo

El análisis de varianza de los datos de diámetro de tallo (Tabla 6) mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para los tratamientos: Testigo absoluto (T1), Testigo inoculado (T2), 100 ppm (T3), 300 ppm (T4), 2000 ppm (T7) y 3000 ppm (T8) de EJD, presentando los valores promedio mas altos. Los tratamientos de: 500 ppm (T5) y 1000 ppm (T6), no presentaron diferencia estadística en relación a los tratamientos mencionados anteriormente, reportando los valores mas bajos de grosor de tallo (5.09 y 4.03 mm respectivamente). Estos resultados podrían atribuirse a que las dosis mencionadas no brindaron protección a las plantas de tomate contra *F. oxysporum*, ocasionando lesiones necróticas en el cuello de la planta sobre la base del tallo, afectando la corteza, medula y el cilindro vascular (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2004). Charest *et al.* (1983) menciona que la podredumbre de la

raíz y cuello de la planta de tomate es el síntoma principal de *F. oxysporum f. sp. lycopersici*, aunque también se puede producir marchitamiento de la planta.

Tabla 6. Análisis de varianza para diámetro del tallo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
T1	Inter-grupos	1.601.843	12	133.487	45.097*	.000
	Intra-grupos	346.323	117	2.960		
	Total	1.948.166	129			
T2	Inter-grupos	652.041	12	54.337	2.020*	.028
	Intra-grupos	3.147.793	117	26.904		
	Total	3.799.834	129			
T3	Inter-grupos	1.008.895	12	84.075	3.949*	.000
	Intra-grupos	2.490.737	117	21.288		
	Total	3.499.632	129			
T4	Inter-grupos	594.506	12	49.542	2.286*	.012
	Intra-grupos	2.536.003	117	21.675		
	Total	3.130.509	129			
T5	Inter-grupos	76.760	12	6.397	.243	.996
	Intra-grupos	3.076.416	117	26.294		
	Total	3.153.175	129			
T6	Inter-grupos	106.203	12	8.850	.361	.974
	Intra-grupos	2.867.034	117	24.505		
	Total	2.973.236	129			
T7	Inter-grupos	1.260.652	12	105.054	7.095*	.000
	Intra-grupos	1.732.394	117	14.807		
	Total	2.993.046	129			
T8	Inter-grupos	532.114	12	44.343	2.499*	.006
	Intra-grupos	2.075.829	117	17.742		
	Total	2.607.942	129			

Estos resultados son similares a los obtenidos para la variable altura de planta y concuerdan además con los resultados de peso seco de raíces y de las observaciones de las raíces efectuadas en cosecha (Tabla 2, Figura 13).

### Otras variables de crecimiento

Los resultados de los valores promedio de peso fresco de las plantas de tomate (Figura 16), mostraron que los tratamientos: Testigo absoluto (T1), 2000 ppm (T7) y 100 ppm (T3) de EJD presentaron los valores más altos (con 381.2 g, 295.3 g y 279.6 g, respectivamente). Por el contrario los tratamientos de 500 ppm (T5) y 1000 ppm (T6), obtuvieron los valores más bajos. Los resultados de los valores promedio de peso fresco de hojas y tallos de los tratamientos, presentaron el mismo comportamiento que los del peso fresco de la planta completa. La misma tendencia se observa para el peso seco total y por partes de los tratamientos, así como para el número de nudos, entrenudos y hojas. Lo anterior en cuanto a los tratamientos que presentaron los valores más altos de las diferentes variables, así como aquellos que reportaron los valores más bajos.

Tabla 7. Valores promedio de las variables evaluadas en las plantas de tomate.

TRATAMIENTO	PESO FRESCO PLANTA COMPLETA	PESO FRESCO HOJAS	PESO FRESCO DE TALLOS	PESO SECO TOTAL	PESO SECO DE HOJAS	PESO SECO DE TALLOS	NÚMERO DE NUDOS	NUMERO DE ENTRENUDOS
T1	381,20	279,50	83,00	66,90	51,20	15,70	40,80	27,60
T2	240,04	176,30	60,00	44,60	33,10	11,50	23,50	20,20
T3	279,60	204,88	70,04	51,60	38,30	13,30	22,30	21,40
T4	219,20	158,20	58,00	45,40	33,90	11,50	21,30	22,60
T5	154,45	114,30	38,50	32,90	24,40	8,50	17,30	16,80
T6	102,90	66,90	33,85	19,90	14,10	5,80	17,90	17,80
T7	295,30	203,50	75,64	51,20	37,60	13,60	29,60	24,10
T8	189,80	140,30	47,30	38,50	29,70	8,80	21,60	19,90

Estos resultados concuerdan con los obtenidos para altura de planta y diámetro de tallo, en cuanto a los niveles de ubicación encontrados en los análisis estadísticos (Tabla 3 y 5), en donde los tratamientos testigo absoluto (T1), 2000 ppm (T7) y 100 ppm (T3) de EJD fueron los mas altos, mientras que los tratamientos 500 ppm (T5) y 1000 ppm (T6) de EJD los mas bajos. Estos análisis mostraron que los tratamientos que tuvieron mayor protección a través de las dosis de EJD obtuvieron elevados valores en las variables de crecimiento estudiadas en este punto. Así mismo los tratamientos que presentaron efectos negativos en la aplicación de las dosis de EJD contra *F. oxysporum*, reportaron también los mas bajos valores para estos tratamientos en las variables de crecimiento.

### **Peso fresco del fruto**

Los resultados del análisis de varianza mostraron que no existe diferencia entre los tratamientos (Tabla 8).

Tabla 8. Analisis de varianza para peso fresco del fruto

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	446,768	7	63,824	0,883	0,524
Intra-grupos	5204,251	72	72,281		
Total	5651,019	79			

Si bien estadísticamente los tratamientos son iguales, los valores promedio mostraron que la dosis de 100 ppm (T3) fue el que obtuvo mayor peso fresco de fruto, seguido por el testigo absoluto y el que mostró menor peso fue el de la dosis de 1000 ppm (T6) (Figura 14).

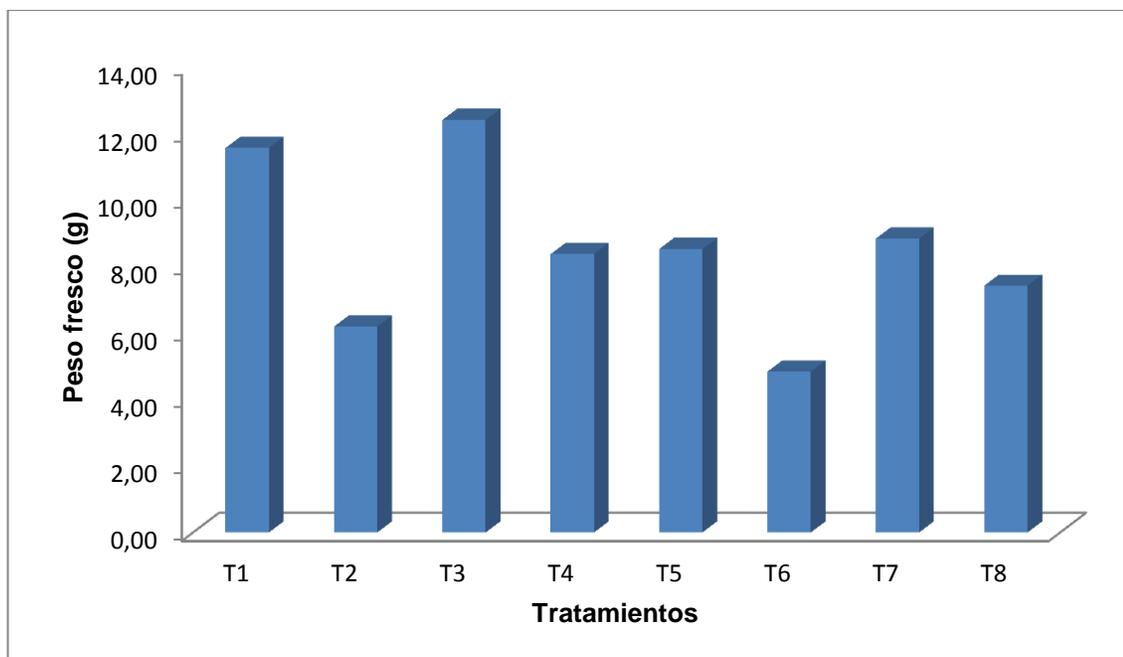


Figura 16. Medias de peso fresco

### Características de fruto (diámetro polar y ecuatorial)

Para estas variables el análisis de varianza mostró que no existe diferencia entre los tratamientos. Sin embargo los valores mas altos fueron para los tratamientos de 100 ppm y Testigo absoluto (Figura 17).

Tabla 9. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial y polar

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Diámetro ecuatorial	Inter-grupos	1215,158	7	173,594	1,516	0,176
	Intra-grupos	8243,032	72	114,487		
	Total	9458,191	79			
Diámetro polar	Inter-grupos	1597,444	7	228,206	1,46	0,195
	Intra-grupos	11251,951	72	156,277		
	Total	12849,395	79			

García-Mendez y col. (2009) mencionan que el diámetro ecuatorial es una medida importante en la producción de tomate porque a partir de esta se

efectúa la clasificación en calibres para el tomate, con diferentes denominaciones e intervalos (Figura 18).

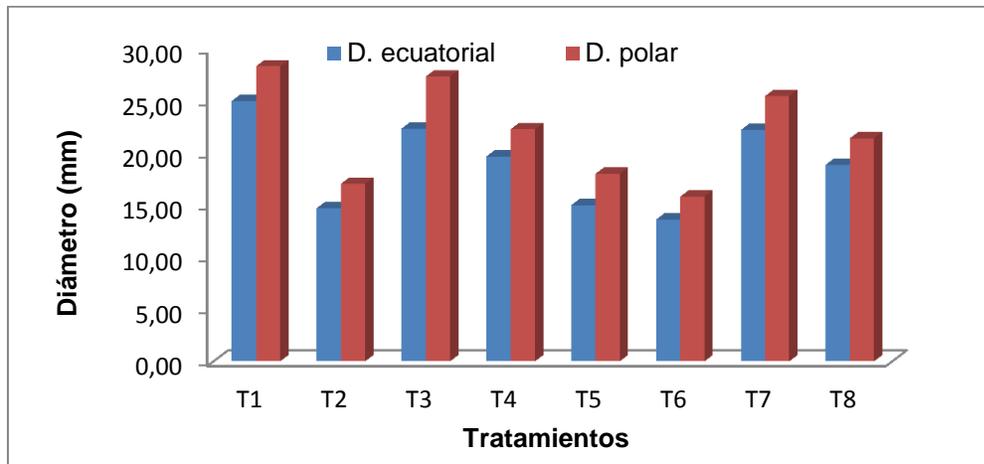


Figura 17. Media de los tratamientos de diámetro polar y ecuatorial



Figura 18. Planta del T3 con frutos de tomate

## VARIABLES DE CALIDAD DEL FRUTO

### Firmeza

El análisis de varianza de firmeza nos indica que no existe diferencia entre los tratamientos.

Tabla 10. Análisis de varianza para firmeza de fruto

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2,553	7	0,365	1,066	0,401
Intra-grupos	15,047	44	0,342		
Total	17,6	51			

La gráfica corrobora la información del análisis de varianza que los tratamientos son estadísticamente iguales.

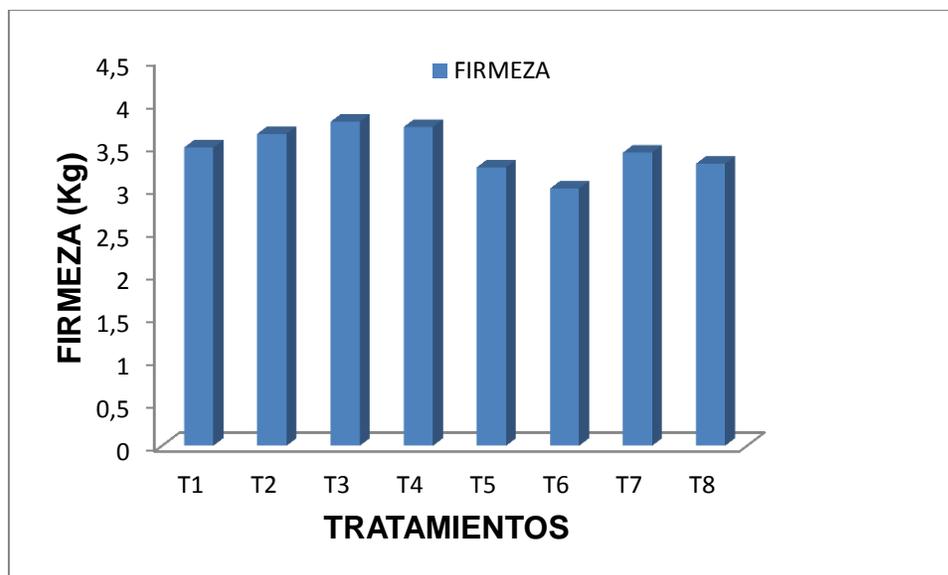


Figura 19. Firmeza del fruto

Anza y col. (2006) señalan que la firmeza del tomate varía con el cultivar.

## pH

El análisis de varianza para esta variable mostró que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 11. Análisis de varianza para pH del fruto

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,183	7	0,026	1,673	0,141
Intra-grupos	0,688	44	0,016		
Total	0,872	51			

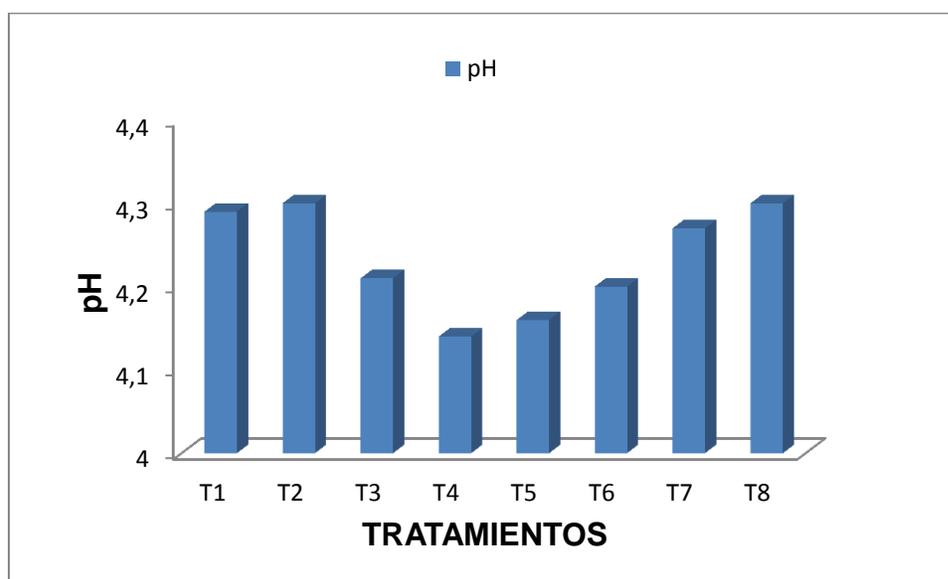


Figura 20. pH del fruto

Los resultados estadísticos nos indican que no existe diferencia entre los tratamientos al 0.05 hecho que se corrobora con la grafica de los valores medios, donde muestra que todos los tratamientos son estadísticamente iguales. El pH de los tratamientos esta entre 4.13 y 4.30. Turhan y Saniz, (2009) mencionan que el pH varía de acuerdo al genotipo y que se reportan valores de

pH del jugo del tomate de 3.78 a 5.25. Esto nos indica que los tratamientos estuvieron dentro del rango normal.

### Solidos solubles totales

El análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, es decir son estadísticamente iguales.

Tabla 12. Análisis de varianza para solidos solubles totales

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	31,206	7	4,458	2,171	0,056
Intra-grupos	90,361	44	2,054		
Total	121,567	51			

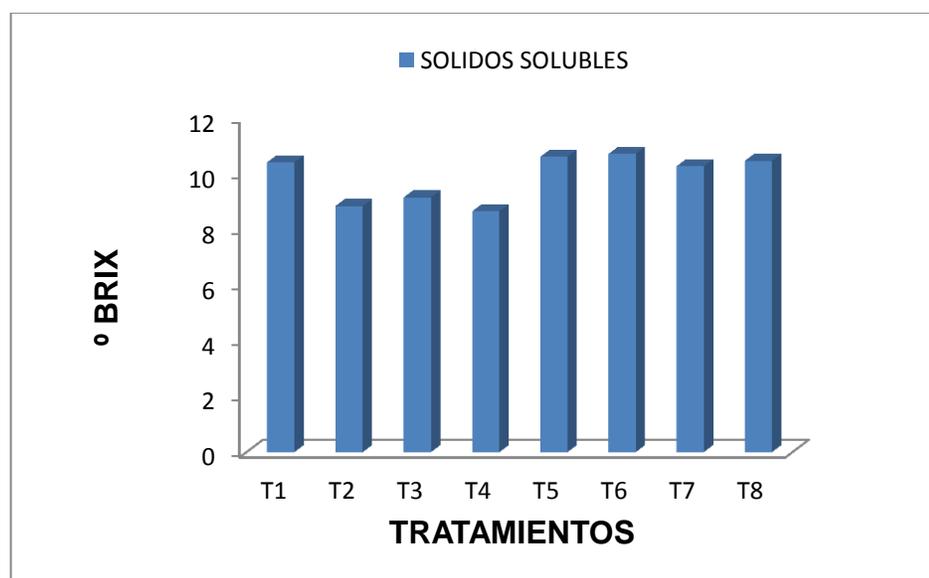


Figura 21. Solidos solubles totales en el fruto

Los resultados muestran (Figura. 21) que los tratamientos son iguales estadísticamente, no hay diferencias.

Cantwell *et al.* (2007) mencionan que el contenido de sólidos solubles totales se encuentra en el rango de 3.4 a 5.5 % para diferentes cultivares y ambientes de cultivo, por lo que los resultados encontrados en esta investigación podrían considerarse por encima de este rango. Lo cual indica que el fruto contiene mas azucares y es más jugoso. El tratamiento que obtuvo menor cantidad de solidos solubles totales fue el de la dosis de 500 ppm EJD.

### Vitamina C

El análisis estadístico muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, es decir son estadísticamente iguales.

Tabla 13. Análisis de varianza para vitamina C

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	116,215	7	16,602	1,756	0,121
Intra-grupos	416,077	44	9,456		
Total	532,292	51			

En la figura 22 se puede observar que los valores porcentuales de Vitamina C encontrados en los distintos tratamientos evaluados son iguales estadísticamente la mayor cantidad la obtuvo el 100 ppm (T3) con 12.45 mg/100g. Mientras que el menor fue la dosis de 500 ppm (T4) con 8.89 mg/100g. Raffo *et al.* (2002) reportaron contenidos de vitamina C entre 5.6 y 20.0 mg/100 g en peso fresco en tomate cherry, los resultados obtenidos en la presente investigación están en concordancia con lo reportado con estos investigadores.

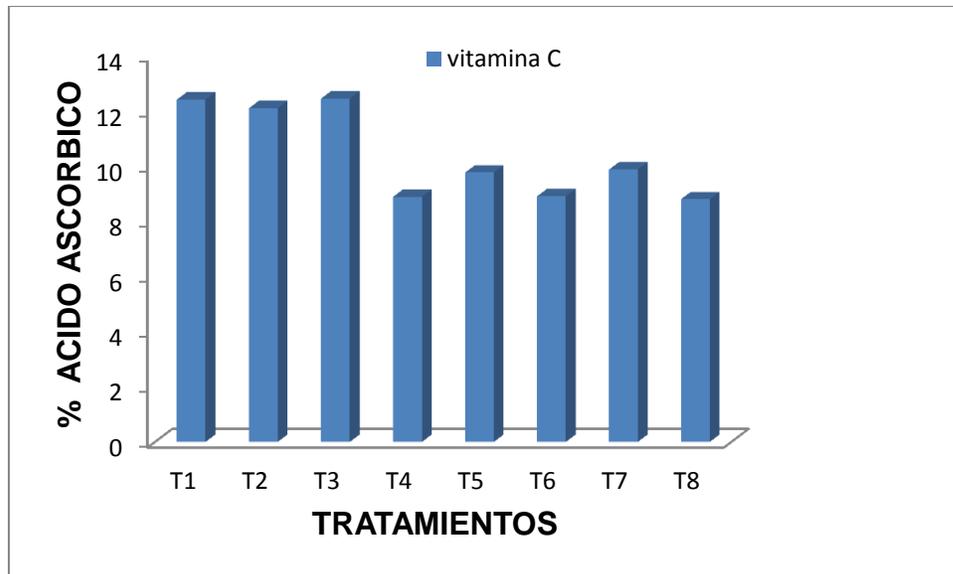


Figura 22. %Vitamina C.

## CONCLUSIONES

- El extracto de tallos y rizomas de *J. dioica* controla la incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de tomate.
- La dosis de 100 ppm del extracto de *Jatropha dioica* fue la que tuvo mayor inhibición de *F. oxysporum* en plantas de tomate
- Los resultados de este trabajo demuestran que es posible realizar el control de *F. oxysporum* por medio de un producto de origen natural, biodegradable, con un impacto mínimo negativo sobre el medio ambiente y que podría reducir la utilización de productos químicos sintéticos.
- Se recomienda llevar a cabo la elucidación de la estructura del componente activo mayoritario del extracto de *J. dioica*.
- Se recomienda continuar con este estudio a fin de confirmar los resultados obtenidos en la presente investigación.
- La revisión de literatura científica sobre *Jatropha dioica* nos permite afirmar que el presente estudio es el primer reporte científico de la actividad antifúngica de los tallos y rizomas de *Jatropha dioica* Sessé en *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en plantas de tomate en invernadero.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adams, A. 1969. La historia de los grandes naturalistas. Nueva York: Sons de GP Putnam p 121.
- Agrios, G. N. 2006. Fitopatología. Editorial Limusa. México, D.F. p. 123, 425-432, 510
- Aguilera, A. F., Augur, C., Prado, L. A., Aguilar, C. N. y Favela, E. 2008. Extraction and analysis of ellagic acid from novel complex sources. Chemical Papers. 62: 4, 440-444.
- Aiyelaagbe O, Adesogan EK, Ekuundayo O, Adeniyi BA. 2000. The antimicrobial activity of roots of *Jatropha podagrica* (Hook). Phytotherapy Research , 14(1): 60-2.
- Alzamora L., Morales L., Armas L. y Fernández G. 2001. Medicina Tradicional en el Perú: Actividad Antimicrobiana in vitro de los Aceites Esenciales Extraídos de Algunas Plantas Aromáticas. En Manuales de la Facultad de Medicina (págs. 62: 2, 156-161.).
- Alzate, N.; V. López, H. Marín y A. Murillo. 2009. Evaluación preliminar de la actividad fungicida de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*, Myrtaceae) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, Rutaceae) sobre algunos hongos Filamentoso. Revista Tumbaga 4: 59-71.
- Antonio, A. Solis, V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero en Chapingo, México. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 85 p.

- Apodaca, S. M. A., Zavaleta, M. E., Osada, K. S., García, E. R., y Valenzuela, U. J. G. 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.
- Apodaca, S. M. A., Zavaleta, M. E., Osada, K. S., García, E. R., y Valenzuela, U. J. G. 2004. Pudrición de la corona del chile (*Capsicum annuum* L.) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22 (1):22-29.
- Árias, K. 2003. Informe No.3 Dirección de Mercadeo y Agricultura, Servicio de Información y de Mercados. Costa Rica: p 4.
- Ascencio-Álvarez, A; López-Benitez, A; Borrego-Escalante, F; Rodríguez-Herrera, SA; Flores-Olivas, A; Jiménez-Díaz, F. 2008. Marchitez del tomate. I: Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26(2): 114-120.
- Banerji, J., Das, B., Bose, P., Chakabarti, R., Chaterjee, A., 1993. *Traditional Medicine*. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Dehli.
- Barrera L. y S. Bautista. 2008. Actividad antifúngica de polvos, extractos y fracciones de *Cestrum Nocturnum* L. sobre el crecimiento micelial de *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26 (1): p 27-31.
- Bautista Baños, S., M. Hernandez and E. Bosquez. 2004. Growth inhibition of select fungi by chitosan and plant extracts. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22 (2): 140-146.
- Beadle, C. L.; Long, S. P.; Imbombas. K.; Halld .O.; Olembro R. 1985. *Photosynthesis in relation to plant production in terrestrial ecosystems*. Tycooly International, Oxford. 568 p.
- Beckman, C. H. (1987). *The Nature of Wilt Diseases of Plants*. Ed, Society, T. A. P. St. Paul, Minnesota, USA

- Belmares R., Garza Y., Rodríguez R., Contreras J. C. y Aguilar C. N. 2009. Composition and fungal degradation of tannins present in semiarid plants. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8: 4, p 312-318.
- Bendahou, M., Muselli, A., Grignon-Dubois, M, Benyoucef, M., Desjobert, J. M., Bernardini, A. y Costa, J. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf. essential oil and extract obtained by microwave extraction: Comparison with hydrodistillation. *Journal Food Chemistry*, 106: 132-139.
- Beremand MN, McCormick SP. 1992. Biosynthesis and regulation of trichothecene production by *Fusarium* species. pp. 359-384 en: *Handbook of Applied Mycology*. Vol.5. Bhatnagar D et al., eds. Marcel Dekker. New York.
- Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (BDMTM). 2009. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Obtenido de: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7483>
- Blancard, D. 2005. Enfermedades del tomate. Observar, identificar, luchar. Grupo Mundi-Prensa. España. p. 67, 173.
- Blanco M.E. 1983. Manual de Plantas Tóxicas del Estado de Chihuahua. Chihuahua, Chih. : Centro Librero la Prensa p 162,163, 168.
- Boyras, N. and M. Ozcan. 2006. Inhibition of phytopathogenic fungi by essential oil of *Chrysactinia mexicana* gray. *Journal of Agricultural and food chemistry* 53: 4347-4349.
- Booth, C. 1984. The *Fusarium* problem: historical, economic, and taxonomic aspects. *The applied mycology of Fusarium*, pp. 1-13. Moss, M. O. and Smith, J. E. (eds.). Press Syndicate of the University of Cambridge.

- Bravo L. L., T. Bermúdez y B. Montes. 2000. Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. Manejo Integrado de Plagas. Revista Científica UDO Agrícola, 57: 29-34.
- Bravo, D. E. (07 de 2010). *microdosismartinez.blogspot.com*. Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de [microdosismartinez.blogspot.com/2010/07/sangre-de-drago.html](http://microdosismartinez.blogspot.com/2010/07/sangre-de-drago.html)
- Burkill, H.M., 1994. The Useful Plants of West Tropical Africa, vol. 2. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Burnett, J. H. 1984. Aspects of *Fusarium* genetics. *The Applied mycology of Fusarium*, pp. 39-70. Moss, M. O. and Smith, J. E. (eds.): Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Calvert, A. 1964 The effects of air temperatura on growth of Young tomato plants in natural light conditions. J. Hort. Sci.,34: 154-162.
- Cantúa S. 1987. Evaluación de calidad del extracto tánico de la cañagria (*Rumex himenosephalus*) mediante pruebas de curtido. Sonora México: Universidad de Sonora. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. p 17.
- Cantwell, M. S. 2007. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 postharvest Evaluation, UC Davis, Davis Ca. p 16.
- Cárdenas, N.; M. Zavala, R. Aguirre, C. Pérez and S. Pérez. 2005. Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Chrysactinia Mexicana* gray. Journal of Agricultural and food chemistry 53: 4347-4349.

- Carlile, M. J., Watkinson, S. C. and Gooday, G. 2001. *The Fungi*. Academic Press, London. p. 46.
- Castillo F., Hernández D., Gallegos G., Méndez M., Rodríguez R., Reyes A. y Aguilar C. N. 2010. In vitro antifungal of plant extracts obtained with alternative organic solvents against *Rhizoctonia solani* Kühn. . *Industrial Crops and Products*. 32: 324.
- Cateni F, Zilie J, Falsone G, Siciliano G, Banfi E. 2003. New cerebrosides from *Euphorbia peplis* L: antimicrobial activity evaluation. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 15, 13(24): 4345-50.
- Cerkauskas, R. (2004). *Tomato diseases: Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)*. The World Vegetable Center–AVRDC. Hojas de datos <http://www.avrdc.org/pdf/tomato/TYLCV.pdf>. Fecha de consulta: diciembre de 2009. 2 p.
- Charest, P. M., Ouellette, G. B. y Pauzé, F. J. (1983). Cytological observations of early infection process by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* in tomato plants. *Can J Bot* 62, 1232-1244.
- Cherif, M. y N. Benhamou. 1990. Citochemical aspects of chitin breakdown during the parasitic action of a *Trichoderma* sp. On *Fusarium oxysporum* f sp. *radicis lycopersici*. *Phytopatology* 80: 1406-1414.
- Cowan, M. M. 1999. Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical microbiology reviews*. 12: 4, 564–582.
- Cruz Vega DE. 2002. Análisis Fitoquímico y caracterización parcial de los compuestos con actividad estimuladora sobre macrófagos y/o actividad antimicrobiana en extractos de raíz, tallo y hoja de *Carlwrightia cordifolia* A. Gray. Nuevo León, México: Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León. p 48.

- Daviere, J. M., Langin, T. and Daboussi, M. J. 2001. Potential role of transposable elements in the rapid reorganization of the *Fusarium oxysporum* genome. *Fungal Genetics and Biology* 34:177-192.
- Deighton, F. C., Stevenson, J. A. y Cummins, G. B. 1962. *Formae speciales* and the code. *Taxon* 11:70-71.
- Desmarchelier, C., Repetto, M., Coussio, J., Llesuy, S., Ciccía, G., 1997. Total reactive antioxidant potential (trap) and total antioxidant reactivity of medicinal plants used in Southwest Amazona (Bolivia and Peru). *International Journal of Pharmacognosy* 35 (4), 288–296.
- Edwards SG et al. 2002. PCR-based detection and quantification of mycotoxigenic fungi. *Mycological Research* 106: 1005-1025.
- Engelhard A. 1986). Greenhouse evaluation of soil-applied fungicides for *Fusarium* wilt of chrysanthemum. *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens*. Hickey, K.D. p 30-31.
- Eppley RM. 1975. Methods for the detection of trichothecenes. *Journal of the AOAC* 58: 906 - 908.
- Escalante, G. 1989. Evaluación de cinco variedades de jitomate en hidroponía bajo invernadero rustico. Tesis profesional. Departamento de fitotecnia. UACH, Chapingo, México.
- Fimbres PY, García R. 1998. Evaluación del efecto fungicida y bactericida de la mezcla de cactáceas *Pachycereus pecten-aboriginum* (cardón) y *Lophocereus schottii* (músaro). XXX Congreso Nacional de Microbiología. México: p 2-6.
- Flores D. L., Oranday C. A, Rivas M. C., Verde S. M. 2001. Actividad bactericida de *Geranium maculatum* contra *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* y *Bacillus cereus*. XXXVI Congreso Mexicano de

Química Ixtapa, Guerrero 9-13 de Septiembre Vol. 45 Núm. Especial. 2001 pp. 136.

Frankel A., M. 1989. Tecnología del cuero. Albatros. Buenos Aires, Argentina.: p 121.

Fresnedo J., Orozco Q. 2012. Diversity and distribution of genus *Jatropha* in México. Genet Resources and Crop Evolution. Vol 60. Pp 1087-1104.

García-Mendez, E. G. C. 2009. Análisis Sensorial, Físico-químico y Agronómico de Cultivares de Tomate para su consumo en fresco en Cantabria. Cuadernos de Fítopatología, p 4-11.

Garduno, C.; L. Barrera and Y. Rios. 2010. Evaluation of the fungicidal activity of leaves powders and extracts of fifteen mexican plants against *Fusarium oxysporum* f. sp. *gadioli* (Massey) Snyder and Hansen. Plant Pathology Journal 9: 103-111.

Goel, G., Makkar, H.P.S., Francis, G., Becker, K., 2007. Phorbol esters: structure, biological activity and toxicity in animals. International Journal of Toxicology 26, 279–288.

González F., M.M. 1979. Plantas Medicinales y su uso empírico en los municipios de Mina y Anáhuac, Nuevo León México. Nuevo León México: Tesis Profesional de la Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. p 41-42.

González L. R., Oranday C. A., Rivas M. C. y Verde S. Ma. J. 2001. Estudio fitoquímico y efecto inhibitorio preliminar sobre hongos y bacterias de: *Asclepia aff latifolia*, *Persea americana* Y *Agave lechuguilla*. VI Simposio de Ciencia y Tecnología. Biotecnología Magna Raúl Rangel Frías,. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León 24-25 2001. p 65.

Gordon, T. R. y Martyn, R. D. 1997. The Evolutionary Biology of *Fusarium oxysporum*. Annual Review of Phytopathology 35:111-128.

- Gualazzi, R. J. 2002. *Lycopersicum Esculentum*: una breve historia del tomate. Revista de Horticultura, p 1-9.
- Guerrero, E., Solís, S., Hernández, F. D., Flores, A. y Sandoval, López. 2007. Actividad biológica in vitro de extractos de *Flourensia cernua* D. C. en patógenos postcosecha: *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl., *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz y Sacc. y *Penicillium digitatum* (Pers: Fr.) Sacc. Revista Mexicana de Fitopatología, 25: 1, 48-53.
- Haas, W., Sterk, H., Mittelbach, M., 2002. Novel 12-deoxy-16-hydroxyphorbol diesters isolated from the seed oil of *Jatropha curcas*. Journal of Natural Products 65, 1334–1440.
- Hernández, A. N.; S. Bautista y M. G. Velázquez. 2007. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (2): 119-123.
- Hirota, M., Suttajit, M., Suguri, H., Endo, Y., Shudo, K., Wongchai, V., Hecker, E., Fujiki, H., 1988. A new tumor promoter from the seed oil of *Jatropha curcas* L., an intramolecular diester of 12-deoxy-16-hydroxyphorbol. Cancer Research 48, 5800–5804.
- Hua-Van, A., Daviere, J. M., Kaper, F., Langin, T., and Daboussi, M. J. (2000). Genome organization in *Fusarium oxysporum*: clusters of class II transposons. Current Genetics 37:339-347.
- Igbinosa, O. O.; E. O. Igbinosa and O. A. Aiyegoro. 2009. Antimicrobial activity and phytochemical screening of stem bark extracts from *Jatropha curcas* (Linn). African Journal of Pharmacy and Pharmacology 3 (2): 58-62.
- Irobi ON, Moo YM, Anderson WA, Daramola SO. 1994. Antimicrobial activity of bark extracts of *Bridelia ferruginea*. Journal of Ethnopharmacology, 43 (3):185-90.

- Jarvis, W. R. y Thorpe, H. 1976. Susceptibility of *Lycopersicon* species and hybrids to the foot and root rot pathogen *Fusarium oxysporum*. Plant Disease Reports 60:1027-1031.
- Jasso de Rodríguez, D., Hernández-Castillo, F. D., Angulo-Sánchez, J.L., Rodríguez-García, R., Villarreal-Quintanilla, J.A. y Lira-Saldívar, R.H. 2007. Antifungal activity in vitro of *Fluorensia* spp. Extracts on *Alternaria* sp., *Rhizoctonia solani*, and *Fusarium oxysporum*. Industrial Crops and Products 25, 111-116.
- Jing, L., Fang, Y., Ying, X., Wenxing, H., Meng, X., Syed, M.N., Fang, C., 2005. Toxic impact of ingested Jatropherol-1 on selected enzymatic activities and the ultrastructure of midgut cells in silkworm, *Bombyx mori* L. Journal of Applied Entymology 129, 98–104.
- Kader, A. 1986. Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. acta horticulturae 190: 209-217.
- Katan, J. 1971. Symptomless carriers of the tomato *Fusarium* wilt pathogen. Phytopathology 61:1213-1237.
- Kirtikar, K.R., Basu, B.D., 1980. Indian Medicinal Plants, vol. III. M/S Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehradun, India.
- Kistler, H. C. 2001. Evolution of the host specificity in *Fusarium oxysporum*. *Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium*, pp. 70-96. Summerell, A., Leslie, J. F., Badihouse, D., Bryden, W. L. and Burgess, L. W (eds.).
- Kristoffersen, 1963 Interaction of photoperiod and temperature in growth and development of young tomato plants (*Lycopersicon esculentum* mill) Physiol. Plant (Suppl.), 16:1-94
- Lacey J. 1989. Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. Journal of Applied Bacteriology, Symposium Supplement: 11S - 25S.

- Lambert, R. J. W., P.N. Skandamis, P.J. Coote, G.J.B. Nychas, 2001. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacol. *Journal of Applied Microbiology* 91: 453-462.
- Leslie, J. F., Zeller, K. A., and Summerell, A. 2001. Icebergs and species in populations of *Fusarium*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 59:107-117.
- Lioglier, H.A., 1990. *Plantas Medicinales de Puerto Rico y del Caribe*. Iberoamericana de Ediciones Inc., San Juan, PR.
- López R. S., Vázquez M. E., Rodríguez A., Mendoza M. y Padrón E. 2005. Inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum Schlechtend.* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani Kuhn* y *Verticillium dahliae* Kleb. Mediante extractos vegetales acuosos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23:2, 183-190.
- López R., G. 1989. *Fitoquímica*. Folleto de apoyos académicos No. 7. Chapingo, Mex. : Dirección de Difusión Cultural de la Universidad Autónoma Chapingo.
- Manzanero G., Flores A., Sandoval E., Bye R. 2009. Etnobotánica de siete raíces medicinales en el mercado de Sonora de la Ciudad de México *Polibotánica*, 27, 25-29.
- Marcano, D., M. Hasegawa. 2002. *Fitoquímica Orgánica*. Universidad Central de Venezuela (U.C.V.). 588p.
- Marshal, D.S. y M. C. Rush. 1980. Infection cushions formation on rice sheaths by *Rhizoctonia solani* (Histological aspects of cultivar resistance). *Phytopathology* 70 (10): 947-950.
- Martinez-Herrera, J., Siddhuraju, P., Francis, G., Dávila-Ortíz, G., Becker, K., 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents and

effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from México. Food Chemistry 96, 80–89.

Lopez-Ibarra, J. C. y Mendoza-Moreno, S. R. 2000. Cuantificación de taninos condensado de corteza y madera en la especie sangre de drago (*Jatropha dioica*). Revista Chapingo: Serie Zonas Áridas Vol: 1(1): 1-6.

Menzies, J. G., Koch, C., and Seywerd, F. 1990. Additions to the host range of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici*. Plant Disease 74:569-572.

Miller JD et al. 2001. Desoxinivalenol: a 25 year perspective on a trichothecene of agricultural importance. pp. 310 – 320 en: *Fusarium*. Summerell BA et al., eds. APS Press. St. Paul, Minnesota.

Mongkolvisut, W., Sutthivaiyakit, S., Leutbecher, H., Mika, S., Klaiber, I., Möller, W., Rösner, H., Beifuss, U., Jürgen, C., 2006. Integerrimides A and B, cyclic heptapeptides from the latex of *Jatropha integerrima*. Journal of Natural Products 69 (10), 1435–1441.

Montenegro G., Salas F., Pena R. C. y Pizarro R. 2009. Antibacterial and antifungic activity of the unifloral honeys of *Quillaja saponaria*, an endemic Chilean species. International Journal of Experimental Botany, 78: p141-146.

Moorby J. 1981. Transport systems in plants. Lonman and technical. New York, EUA. 169 P. New York, EUA: Lonman and technical. p169.

Morales, R. 05 de 06 de 2012. Industrias. Recuperado el 18 de 11 de 2013, de Logra México liderato en la producción Mundial de Tomate: <http://eleconomista.com.mx>

Mothana, R.A.A., Mentel, R., Reiss, C., Lindequist, U., 2006. Phytochemical screening and antiviral activity of some medicinal plants of the island Soqotra. Phytotherapy Research 20, 298–302.

- Mujumdar, A.M., Misar, A.V., 2004. Anti-inflammatory activity of *Jatropha curcas* roots in mice and rats. *Journal of Ethnopharmacology* 90, 11–15.
- Nicholson P. 2001. Molecular assays as aids in the detection, diagnosis and quantification of *Fusarium* species in plants. pp. 176-192 en: *Fusarium. Summerell BA et al., eds. APS Press. St. Paul, Minnesota.*
- Oduola, T., Avwioro, O.G., Ayanniyi, T.B., 2005a. Suitability of the leaf extract of *Jatropha gossypifolia* as an anticoagulant for biochemical and haematological analyses. *African Journal of Biotechnology* 4 (7), 679–681.
- Openshaw, K., 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass Bioenergy* 19, 1–15.
- Patena G.M., Rivas M. C., Oranday C. A., Verde S. M. 2001. Actividad antimicrobiana y aislamiento de los compuestos activos de los extractos de *Gnaphalium conoideum* y *Quassia amara*. *Memorias XIX Congreso Nacional de investigación medica. . Nuevo León México.*
- Paterson RRM, Bridge PD. 1994. *Biochemical Techniques for Filamentous Fungi.* CAB International. Wallingford, Oxon. pp. 52 - 56.
- Pérez, C., Sáenz, A. y Barajas, L. 2008. La química verde como herramienta indispensable en el aprovechamiento integral y sustentable de los recursos del semidesierto mexicano. En: *Fitoquímicos Sobresalientes del Semidesierto Mexicano: de la planta a los químicos naturales y a la biotecnología.* Editorial: Path Design S. A. México, 67-82 pp.
- Raffo, A. C. 2002. Nutricional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L).
- Rico-Bobadilla AC, Gassós OLE, Felix FA. 2001. Efecto antimicrobiano del extracto liofilizado de músaro (*Lophocereus schottii*). *XXXII Congreso Nacional de Microbiología, Guanajuato. Gto, México: p 3-5.*

- Rodríguez, A. T.; D. Morales y M. A. Ramírez. 2000. Efecto de extractos vegetales *in vitro* sobre el crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos. *Cultivos Tropicales* 21 (2): 79-82.
- Rodríguez, D., Montilla, J. 2002. Diminución de marchitez causada por *Fusarium* en tomate con extracto de *Citrus paradisi*. Manejo integrado de plagas (Costa Rica) N. 63 p.46-50.
- Rodríguez-Pedrozo, A. T., Ramírez-Arrebató, M.A., Bautista-Baños, S., Cruz-Triana, A. y Rivero, D. 2012. Actividad antifúngica de extractos de *Acacia farnesiana* sobre el crecimiento *in vitro* de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Revista científica UDO Agrícola* 12 (1): 91-96.
- Rzedowski J.C. 1978. Vegetación de México. México: Editorial Limusa p 432.
- Sabandar, C., Ahmat, N., Mohd, F., & Sahidin, I. 2013. Medicinal property, phytochemistry and pharmacology of several species (Euphorbiaceae): A review. *Phytochemistry*, 7-29.
- Sáenz A., Pérez C. y Barajas L. (2008). Los fitoquímicos. En: Fitoquímicos Sobresalientes del Semidesierto Mexicano: de la planta a los químicos naturales y a la biotecnología. México: Editorial: Path Design SA. p 12-25.
- Saus, M. L. 1997. Evaluación de los parámetros físicos y químicos del fruto de melocotonero (variedad Cofrentes) [: influencia de la fertilización y orientación. Universidad de Castilla-La Mancha: La Mancha.
- SAGARPA. 2011. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Obtenido de Manual de almacenamiento y transporte de frutas y hortalizas frescas en materia de inocuidad.
- Samuels GJ et al. 2001. Perithecial species of *Fusarium*. pp. 122-137 en: *Fusarium*. Summerell BA et al., eds. APS Press, St. Paul.

- Sánchez-Castro, M. A. 1998. Manejo de Enfermedades del Tomate. Memoria del curso del INCAPA Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en Tomate, Chile y Papa. p. 24. Santiago, Chile.
- Sánchez-Medina, A., Garcia-Sosa, K., May-Pat, F., Peña-Rodriguez, L.M., 2001. Evaluation of biological activity of crude extracts from plants used in Yucatecan traditional medicine part L. Antioxidant, Antimicrobial and betaglucosidase inhibition activities. *Phytomedicine* 8 (2), 144–151.
- Seifert K. 2001. *Fusarium* and anamorph generic concepts. pp. 15 - 28 en: *Fusarium*. Summerell BA et al., eds. APS Press. St. Paul, Minnesota.
- SIAP. 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera . Recuperado el 20 de Noviembre de 2013, de [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper &Itemid=258](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=258)
- SIAP-SAGARPA. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado el 18 de Noviembre de 2013, de Anuncio estadístico de la Producción Agrícola: [http://reportes.siap.gob.mx/aagricola\\_siap/icultivo/index.jsp](http://reportes.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp)
- Silva B.S., Rivas M. C., Oranday C. A., Verde S. M. 2000. Análisis fitoquímico y efecto antimicrobiano de dos especies de plantas tóxicas: *Schinus molle* y *Nerium oleander*. Memorias Del XVIII Congreso Nacional De Investigación Biomédica. Nuevo León México.
- Silva Belmares Y. 2005. Identificación de los componentes que presentan actividad antimicrobiana y citotóxica de *Euphorbia pulcherrima*, *E. trigona*, *Jatropha dioica*, *Ricinus communis* y *Schinus molle*. Nuevo León México: Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nuevo León p 7,27,51.

- Sosa, M., Galarza, J. L., Lebgue, T., Soto, R., Puga, S., 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la región del estado de Chihuahua México. *Ecología Aplicada*. 5: 53-59.
- Swain, P. 1977. Secondary compounds as protective agents. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28:479-501.
- Takitani S et al. 1979. Spectro densitometric determination of trichothecene mycotoxins with 4 (p nitrobenzyl) piridine on silicagel thin layer chromatography. *Journal of Chromatography* 172: 335 - 342.
- Tello, J. C. y. Lacasa, A. (1988). La podredumbre del cuello y de las raíces, causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici*, nueva enfermedad en los cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) españoles. *Bol. San. Veg. Plagas* 14, 307-312.
- Teunissen, H. A., Verkooijen, J., Cornelissen, B. J., and Haring, M. A. 2002. Genetic exchange of avirulence determinants and extensive karyotype rearrangements in parasexual recombinants of *Fusarium oxysporum*. *Molecular Genetics and Genomics* 268:298-310.
- Thrane U. 2001. Developments in the taxonomy of *Fusarium* species based on secondary metabolites. pp. 29-49 en: *Fusarium*. *Summerell* BA et al., eds. APS Press. St. Paul.
- Turlier, M F; Epavier, A; Alabouvette, C. 1994. Early dynamic interactions between *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* and the roots of *Linus usitatissimum* as revealed by transgenic GUSmarked hyphae. *Can Journal Bot*, 72: 1605-1612.
- Turhan, M. A. 2009. Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. *Afr. J. Agric. Res.* , 4: 1086-1092.
- UNAM. 2009. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Recuperado el 13 de 11 de 2013, de <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia>

- Valencia, A., Frérot, B., Guénego, H., Múnera, D.F., Grossi De Sá, M.F., Calatayud, P.A., 2006. Effect of *Jatropha gossypifolia* leaf extracts on three lepidoptera species. *Revista Colombiana de Entomología* 32 (1), 45–48.
- Vázquez, E. y S. Torres. *Fisiología Vegetal*. Editorial Félix Varela. La Habana 451pp. 2001.
- Ventura, J., Belmares, R., Aguilera, A., Gutiérrez, G., Rodríguez, R. y Aguilar, C. N. 2008. Fungal Biodegradation of Tannins from Creosote Bush (*Larrea tridentata*) and Tar Bush (*Flourensia cernua*) for Gallic and Ellagic Acid Production. *Food Technology and Biotechnology*. 46: 2, 213–217.
- Vidal, D et al. 1984. Influence de la température sur la production de diacétoxyscirpenol et sur la sporulation d'une culture liquide de *Fusarium sambucinum*. *Comptes Rendus Société de Biologie* 178: 518 - 525.
- Villarreal, A.M., Dominguez, X.A., Howard, J., Williams, A., Scott, I. Reibenspies, J. 1988. *Journal of Natural Products*. 51(4): 749-753
- Wilson, C. L.; A. El Ghaouth and M.E. Winiewski. 199. Prospecting in nature's storehouse for biopesticide. *Revista Mexicana de Fitopatología* 17: 49-53.
- Yamamoto, I., Komada, H., Kuniyasu, K., Saito, M. y Ekuza, A. (1974). A new race of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* inducing root rot of tomato. *Proc. Kansay plant prot. Soc* 16, 17-29.