



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA

POSGRADO EN PROTECCIÓN VEGETAL

***Alternaria carthami* CAUSANTE DEL TIZÓN FOLIAR DEL
CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) EN EL VALLE DEL
YAQUI, SONORA, MÉXICO.**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

FLORINDA GARCÍA PÉREZ

Chapingo, México. Noviembre de 2007

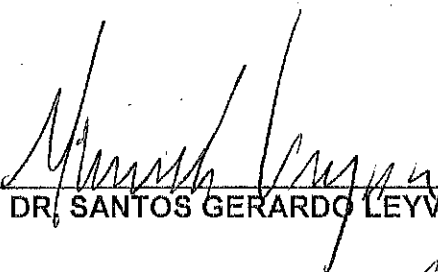


***Alternaria carthami* CAUSANTE DEL TIZÓN FOLIAR DEL CÁRTAMO
(*Carthamus tinctorius* L) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO.**

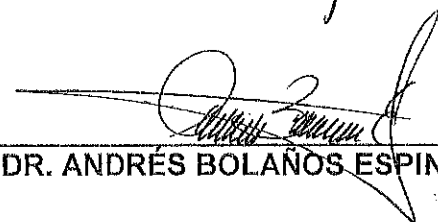
Tesis realizada por Florinda García Pérez, bajo la dirección del Dr. Santos Gerardo Leyva Mir y asesorada por el Dr. Andrés Bolaños Espinosa y el Dr. Samuel Ramírez Alarcón, revisada por el jurado examinador que se indica y aprobada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:


DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

ASESOR:

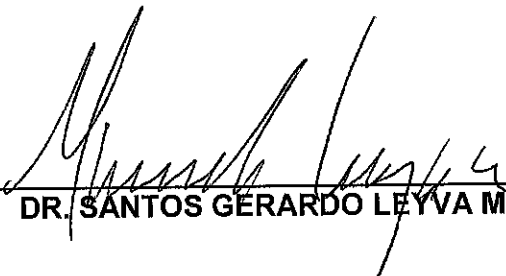

DR. ANDRÉS BOLAÑOS ESPINOSA

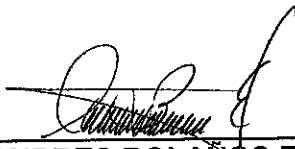
ASESOR:


DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

***Alternaria carthami* CAUSANTE DEL TIZÓN FOLIAR DEL CÁRTAMO
(*Carthamus tinctorius* L), EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO.**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Florinda García Pérez,
autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal,
estuvo constituido por:

DIRECTOR: 
DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

ASESOR: 
DR. ANDRES BOLAÑOS ESPINOSA

ASESOR: 
DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud y fortaleza para emprender un nuevo camino.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Parasitología Agrícola, por abrirme nuevamente sus puertas.

Al Posgrado en Protección Vegetal, por todas las facilidades otorgadas y haberme dado la oportunidad de seguir superándome.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico recibido durante los dos años.

Al Dr. Santos Gerardo Leyva Mir, por su apoyo, amistad, consejos, enseñanza y sobre todo por su acertada dirección y sugerencias en la realización de este trabajo.

Al Dr. Andrés Bolaños Espinoza, por su amistad, enseñanza, por las correcciones y observaciones para mejorar el presente trabajo.

Al Dr. Samuel Ramírez Alarcón, por su enseñanza, por sus sugerencias en la revisión del escrito y por las correcciones.

Al Dr. Víctor Manuel Pinto, por todas sus facilidades y atención brindadas.

A todos los maestros y técnicos del Departamento de Parasitología Agrícola y del Posgrado en Protección Vegetal que contribuyeron a través de sus enseñanzas en mi formación profesional.

A Maribel, por su amistad y por todo el apoyo recibido.

Al Ing. Roberto Alvarado Molina, por su amistad, confianza y por su apoyo incondicional.

A la Familia Heraldez Espinosa y Romero Ocampo, por su gran amistad y sobre todo por su apoyo incondicional en mis momentos más difíciles.

A mis hermanos, por todo su apoyo recibido.

DEDICATORIA

A mis hijas **Vanesa y Valeria:**

Mis dos hermosas niñas que son lo más importante en mi vida. Hijas, gracias por darme la oportunidad de ser madre, por esos momentos de alegría y tristeza que hemos pasado; perdón por todo el tiempo que les he quitado. Espero que este triunfo sirva como un ejemplo de superación para que siempre salgan adelante con las metas que se propongan y aprendan que la unión y amor familiar nos ayuda a derribar todos los obstáculos. **LAS AMO HIJAS.**

Al gran amor de mi vida, mi esposo Jaime:

Porque siempre estuviste conmigo en las buenas y en las malas, porque nunca dejaste que me diera por vencida y sobre todo porque siempre confiaste en mí. Gracias por todo tu amor. **TE AMO.**

A mis padres: Daniel y Tere

Porque desde un principio supieron guiar mi camino, por haberme brindado todo su apoyo y amor, por sus consejos tan acertados, por esa sencillez que los caracteriza. Gracias por ser mis padres, que Dios los bendiga, los amo.

A todos los que creyeron en mí.

DATOS BIOGRÁFICOS

NOMBRE: Florinda García Pérez

DIRECCIÓN: Calle Andador Diego Rivera, Ed. 6 Depto 402. Colonia Emiliano Zapata. Unidad ISSSTE, Texcoco, Estado de México.

FORMACIÓN ACADÉMICA

Preparatoria Agrícola

Universidad Autónoma Chapingo

Período (1990-1993)

Licenciatura

Departamento de Parasitología Agrícola

Universidad Autónoma Chapingo

Período (1993-1997)

Maestría

Programa en Protección Vegetal

Departamento de Parasitología Agrícola

Universidad Autónoma Chapingo

Período (Enero 2005- Diciembre 2006)

	PAG
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	iii
RESUMEN Y ABSTRACT.....	iv
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.- Historia.....	3
2.2.- Clasificación taxonómica.....	3
2.3.- Morfología.....	4
2.4.- Importancia y distribución del cultivo	5
2.4.1.- Composición de la semilla.....	7
2.4.2.- Características del aceite de cártamo.....	8
2.5.- Requerimientos edafoclimáticos.....	8
2.5.1.-Temperatura.....	8
2.5.2.-Altitud.....	9
2.5.3.-Suelo.....	9
2.5.4.-Salinidad.....	9
2.5.5.-Humedad.....	10
2.6.-Siembra.....	10
2.7.-Riegos.....	11
2.8.- Fertilización.....	11
2.9.- Labores de cultivo.....	11
2.10.- Cosecha.....	12
2.11.- Variedades.....	12
2.12.- Principales problemas fitosanitarios.....	14
2.12.1.- Malezas.....	15
2.12.2.- Plagas.....	16
2.12.2.1.- El pulgón verde del cártamo (<i>Myzus persicae</i>).....	16
2.12.2.2.- Gusano trozador (<i>Agrotis</i> spp).....	17
2.12.2.3.- Grillo (<i>Acheta domesticus</i> L.).....	18
2.12.2.4.- Gusano saltarín (<i>Elasmopalpus lignosellus</i> Zeller).....	18
2.12.2.5.- Barrenador del tallo (<i>Melanagromyza virens</i> Loew).....	18
2.12.2.6.- Gusano bellotero (<i>Heliothis</i> spp.).....	19
2.12.2.7.- Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i> Hubner) y falso medidor (<i>Trichoplusia ni</i> Hubner).....	19
2.12.2.8.- Chinche lygus (<i>Lygus lineolaris</i> Palisot de Beauvois) y chinche rápida (<i>Creontiades</i> spp).....	20
2.12.3.- Enfermedades.....	20
2.12.3.1.- Pudricion de la raíz por <i>Phytophthora</i>	20
2.12.3.2.- Roya o chahuixtle del cártamo (<i>Puccinia carthami</i>).....	23

2.12.3.3.-Marchitez por <i>Fusarium</i>	26
2.12.3.4.- Marchitez por <i>Verticillium dahliae</i>	29
2.12.3.5.-Pudrición de la cabeza por <i>Botrytis</i>	32
2.12.3.6.- Ahogamiento de la planta (<i>Pythium</i> spp.).....	34
2.12.3.7.- Pudrición de la cabeza o podredumbre blanda del capítulo (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>).....	36
2.12.3.8.- Mildiú (<i>Plasmopara halstedii</i>).....	38
2.12.3.9.-Tizón foliar bacteriano (<i>Pseudomonas syringae</i> pv <i>syringae</i>).....	40
2.12.3.10.- Falsa cenicilla del cártamo (<i>Ramularia carthami</i>).....	41
2.12.3.11.- Tizón por alternaria (<i>Alternaria carthami corda</i>).....	45
3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
3.1.- Ubicación de la zona de estudio.....	51
3.2.-Colecta del material.....	52
3.3.-Identificación del hongo.....	52
3.3.1.- Procesado del material.....	52
3.3.2.- Purificación.....	53
3.3.3.- Técnica de punta de hifa para la obtención de cultivos puros.....	53
3.3.4.- Pruebas de patogenicidad.....	55
3.3.4.1.- Inoculación.....	55
3.3.5.- Reaislamiento.....	56
3.3.6.- Identificación del hongo reaislado.....	56
3.4.- Localización del experimento.....	56
3.5.- Diseño y unidad experimental.....	57
3.6.- Tratamientos.....	57
3.7.- Variables de estudio.....	57
3.8.- Análisis estadístico.....	58
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1.- Identificación del hongo.....	59
4.2.- Pruebas de patogenicidad.....	60
4.3.- Identificación del agente causal.....	62
5.- CONCLUSIONES.....	65
6.- BIBLIOGRAFIA.....	66
7.- APENDICE.....	72

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	PAG
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cártamo.....	4
Cuadro 2. Composición de la semilla de cártamo.....	8
Cuadro 3. Herbicidas utilizados en cártamo.....	17
Cuadro 4. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) en la evaluación para la variable daño foliar en las plantas de cártamo, en Chapingo, Méx. 2005.....	73
Figura 1. Plantas con síntomas de la enfermedad enviadas por los productores de cártamo del Valle del Yaqui, Sonora, Méx.....	54
Figura 2. Aislamiento del patógeno.....	54
Figura 3. Transferencia del cultivo puro a tubos de ensaye.....	54
Figura 4. Hojas con manchas pequeñas de color café oscuro y de consistencia húmeda, de forma irregular, rodeados de un halo clorótico, donde se realizo el aislamiento del hongo.....	62
Figura 5. Crecimiento micelial del hongo aislado.....	63
Figura 6. Conidios del primer aislamiento.....	63
Figura 7. Toma de la medida de los conidios.....	63
Figura 8. Identificación del agente causal (<i>Alternaria carthami</i>).....	63
Figura 9. Variedades de cártamo presentando síntomas del tizón foliar causado por <i>Alternaria carthami</i>	64
Figura 10. Desarrollo de la enfermedad durante los meses del experimento.....	72
Figura 11. Resultados del análisis de varianza, para cada uno de los tratamientos.....	72

Alternaria carthami CAUSANTE DEL TIZON FOLIAR DEL CARTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MEXICO.

Alternaria carthami CAUSE OF LEAF BLIGHT OF SAFFLOWER (*Carthamus tinctorius* L.) IN THE VALLEY OF YAQUI, SONORA, MEXICO

Florinda García- Pérez¹, Gerardo S. Leyva-Mir²

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue identificar al agente causal del tizón foliar en el cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) de plantas enfermas provenientes del Valle del Yaqui, Sonora; así como, evaluar el comportamiento del patógeno en cinco variedades de cártamo bajo condiciones de invernadero. La investigación se realizó del 20 de noviembre de 2005 al 20 de marzo de 2006. Mediante los postulados de Koch se identificó al hongo *Alternaria carthami*, como causante del tizón foliar del cártamo, debido a que se presentó atacando a todas las plantas de cártamo. Para el segundo objetivo se emplearon las variedades Bacum 92, San Ignacio 92, Sinaloa 90, Sonora 92 y Quilantán 97; se utilizó un diseño experimental completamente al azar, evaluando el porcentaje de daño foliar. Las cinco variedades evaluadas presentaron los síntomas del tizón foliar. Se observaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre tratamientos. La variedad que mostró el menor daño foliar (72%) fue Quilantán 97. Bacum 92 fue la variedad más susceptible con un 92.5 % de daño foliar.

Palabras clave: *Carthamus tinctorius*, varieties, tizón foliar, *Alternaria carthami*

ABSTRACT

The purpose of is study was to identify the causal agent of leaf blight, a disease found in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) from the Valley of the Yaqui, Sonora. Also, an evaluation of this pathogen in five varieties of safflower selected for resistance was carried out under greenhouse conditions. Following Koch's postulates, it was determined that safflower leaf blight was caused by *Alternaria carthami* in all varieties (Bacum 92, San Ignacio 92, Sinaloa 90, Sonora 92 and Quilantan 97). However, damage varied ($\alpha=0.05$) among the five varieties: the most susceptible was Bacum with nearly 92.5% leaf damage and the most resistant was Quilantan 97 with 72% leaf damage. Experiments were conducted in a complete random experimental design from November 20, 2005 to March 20, 2006, in a greenhouse at the Universidad Autonoma Chapingo, State of Mexico.

Key words: *Carthamus tinctorius*, varieties, leaf blight, *Alternaria carthami*

¹ Tesista

² Director de tesis

¹ Thesis autor

²Thesis director

1.- INTRODUCCIÓN

El cártamo es una planta oleaginosa conocida también como alazor, azafrán bastardo, azafrancillo, azafrán romí, kusum, honghua y safflower. Se considera que es uno de los cultivos más antiguos, ya que su semilla se ha encontrado en tumbas de Egipto de más de 4000 años de antigüedad y su uso fue reportado en China hace aproximadamente 2200 años (Montoya y Ochoa, 2003).

México es uno de los principales productores de semilla de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) a nivel mundial, reportándose una producción de 182 674 toneladas en el 2004 y es el país que más aceite de cártamo exporta. En vista de que el cártamo es resistente a la sequía y se puede cultivar en zonas áridas y semiáridas, es una de las oleaginosas que se cultiva con mayor proporción en el Noroeste de México. (Paredes y Ordoica, 1986).

Sonora ocupa uno de los primeros lugares en producción de Cártamo a nivel nacional. Durante el periodo 1993-2003 se cosecharon en promedio 38,793 hectáreas, con una producción promedio 76,122 toneladas, durante el periodo 2002-2003 se observó un crecimiento en la siembra en un 35%, lo que se debe en gran parte a los materiales genéticos utilizados y a las buenas condiciones climatológicas que durante los últimos años se han registrado; Sin embargo los precios de venta de este producto no han sido satisfactorios, aunado a la poca disponibilidad de agua en las presas (SAGARPA; 2007).

Un factor de gran importancia que ha influido sobre todo en el rendimiento y la sanidad del cultivo, son los problemas fitosanitarios, principalmente el ocasionado por hongos y que ha estado presente en casi todas las regiones del mundo que se dedican a la producción del cártamo, y México, no ha sido la excepción (Lope, 2001).

Una de las principales enfermedades que disminuyen el rendimiento del cártamo es causada por *Alternaria carthami*, cononocida comúnmente con los nombres de: mancha foliar, tizón foliar y alternariosis. Sin embargo, esta enfermedad se puede confundir con la falsa cenicilla del cártamo causada por *Ramularia carthami* ya que los síntomas que presenta este hongo es muy similar a los ocasionados por *Alternaria carthami*. La falsa cenicilla del cártamo, es una enfermedad que se encuentra cuarentenada, de acuerdo a la NOM - 029-FITO-1995. (www.sagarpa.gob.mx)

Debido a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

- 1.- Definir a los tizones del follaje que atacan al cártamo en el Valle del Yaqui, Sonora.
- 2.- Separar por morfología y sintomatología a cada uno de los patógenos involucrados en el síntoma.
- 3.- Observar el comportamiento del patógeno en cinco variedades de cártamo.

2.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Historia

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), es un cultivo milenario, que ha estado presente en regiones como China, en las costas del Mediterráneo y a lo largo del valle del Río Nilo hasta Etiopía. Esta última junto con la India, son consideradas como los centros de origen de esta oleaginosa. En Mesopotamia ya se consumía el cártamo como aceite comestible, el uso más extendido durante la antigüedad, era como colorante para alimentos y telas (Ortega y Ochoa, 2003).

Llega a nuestro continente en 1898, cuando se introdujeron algunas variedades a Estados Unidos, para posteriormente extenderse a todo el continente americano. En nuestro país el cártamo hizo su aparición en 1905, cuando se introdujeron algunas variedades en el estado de Guanajuato, en la región del Valle de Santiaguito; sin embargo, no tuvo los resultados esperados debido al desconocimiento de su manejo, uso y mercado, lo que originó que se dejara de cultivar. Para 1940, nuevas variedades fueron probadas en algunas otras regiones del país, especialmente en la zona noroeste, por lo que durante el período 1956-1957, en Ciudad Obregón Sonora, se inicia la investigación sobre el cártamo (Ortega y Ochoa, 2003).

2.2.- Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cártamo.

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Sub-división	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Sub-clase	Dicotyledoneae
Familia	Compositae
Sub-familia	Carduceae/ tubiloflora
Tribu	Cynereae
Género	<i>Carthamus</i>
Especie	<i>Tinctorius</i>
Sub-especie	<i>Inermis</i> (sin espinas), <i>typicus</i> (con espina)

Fuente: Robles, 1980.

2.3.-Morfología

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es una oleaginosa anual erecta y ramificada de la familia Asteraceae, mide de 0.5 a 1.5 m de alto. La raíz principal es grande y rígida. Las plantas jóvenes son arrosetadas pero después se ramifican casi desde la base. Las ramas son rígidas, cilíndricas y de color blanquecino, producen de una a cinco cabezas florales de 2 a 4 cm. de diámetro. Las hojas están arregladas en forma de espiral, son sésiles, oblongas, de color verde oscuro, en general toda la planta produce espinas que dificultan el caminar por sus parcelas. El capítulo es terminal, con brácteas espinosas proyectadas hacia fuera; las brácteas inferiores son triangulares y tienen una espina terminal. Todas las flores son tubulares, hermafroditas, generalmente de un color amarillo naranja. El fruto es un aquenio blanco o gris pálido, brillante, tetragonal (López, 1985).

Cada cabeza floral produce entre 15 y 30 semillas, las cuales permanecen protegidas luego de la madurez. El tipo de germinación es epigea, es decir que los cotiledones salen al emerger del suelo. El hipocótilo al emerger es verde amarillento o incoloro, glabro y cilíndrico. Posterior a la emergencia se presenta una etapa de lento desarrollo, durante la cual una gran cantidad de hojas son producidas cerca del nivel del suelo, llamándosele etapa de "roseta" (FAUBA, 2002).

El cártamo requiere de al menos 120 días para completar su ciclo normal. Sin embargo, dentro de las fechas recomendadas para las diferentes regiones de México, la planta alcanza su madurez de cosecha desde los 140 a los 170 días después de la siembra (Kaffka *et al.*, 2000).

2.4.- Importancia y distribución del cultivo

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es una de las principales oleaginosas que suplen las necesidades de aceite comestible de alta calidad en el mundo; posee aceite con altos contenidos de ácidos grasos del tipo oleico y linoleico, los cuales al utilizarse en la alimentación humana reducen la acumulación de colesterol en la sangre (Ortega y Ochoa, 2003).

En México, el cártamo es la principal oleaginosa cultivada, sembrándose en su mayor superficie en el ciclo otoño-invierno bajo condiciones de riego y en el ciclo de verano en una menor superficie bajo temporal (Borbón, 2007).

La superficie mundial sembrada en el 2004 fue de 720 mil hectáreas. La India es el país con mayor superficie plantada con 348 mil hectáreas en el 2004, obteniendo una producción de 193 mil toneladas representando el 31% de la producción mundial. El segundo productor es México, con un promedio de 137 mil toneladas, le siguen en importancia Estados Unidos, Etiopía y Australia (Paredes y Ordoica, 1986).

Las exportaciones de aceite de cártamo han sufrido una importante caída al igual que la producción en los últimos años, probablemente por los bajos rendimientos y al aumento en la producción de otras oleaginosas. Las exportaciones estuvieron claramente lideradas por Estados Unidos y México hasta el año 1999, luego disminuyeron los volúmenes y adquirieron mayor importancia otros países. En el período comprendido por los años 1999 y 2003, Holanda tomó mayor importancia como exportador representando un 24% de las exportaciones totales; México y Estados Unidos exportaron el 60% del total del volumen. México lideró la producción mundial durante los años 2003 y 2004, aunque el área sembrada fue menor que el de la India. Los rendimientos por hectárea fueron considerablemente mayores, lo que explica la mayor producción total (AACREA, 2004).

AACREA (2004), menciona que los países más demandantes del aceite de cártamo son Estados Unidos, Japón, Alemania, Países Bajos y Egipto, los cuales participan con el 84% del total de importaciones. El volumen mundial comercializado fue de 116 mil ton de aceite para el año 2003. El rendimiento

medio mundial de esta oleaginosa para el período 2000/04 fue de 770 kg/ha. México (1600 kg/ha) registró el mayor rendimiento promedio para este período, seguido por Estados Unidos (1500 kg/ha) e India (480 kg/ha).

Existen dos tipos de variedades de cártamo: aquéllas que producen un aceite de alto porcentaje de monoinsaturados, principalmente ácido oleico, y aquéllas con alta concentración de ácidos poliinsaturados, principalmente linoleico. El contenido de su aceite contiene cerca de un 75% de ácido linolénico. Ese tipo de aceite es utilizado para ensaladas y para la elaboración de margarinas livianas y es considerado de alta calidad alimenticia. La harina de extracción contiene alrededor de un 24% de proteína y mucha fibra. Es utilizada como suplemento proteínico para el ganado. La riqueza en ácido graso oleico lo hace conveniente en casos de colesterol, arterioesclerosis, enfermedades cardiovasculares, artritis y reumatismos por lo que es muy apreciado en los restaurantes de alta cocina gracias a sus propiedades (INIFAP, 2007).

2.4.1.- Composición de la semilla

Beech (1969) y Robles (1991) mencionan que las semillas de cártamo en general tienen una relación de 60% de almendra y 40% de cáscara. Cuando se empezaron los trabajos de mejoramiento genético, el grano contenía de un 18 a un 30% de aceite, actualmente, como se puede apreciar en el Cuadro 2, las semillas de las variedades a nivel nacional y mundial contienen de 35 a 40% de aceite, 12 a 22% de proteína, 35 a 52% de cáscara y con un contenido de humedad de 5 a 10%.

2.4.2.- Características del aceite de cártamo

El aceite de cártamo es de color amarillo claro, libre de ceras y sabor muy suave (Garduño, 2002). Contiene un 78% de ácidos grasos poliinsaturados, un 13% de ácidos monoinsaturados y 9% de saturados (ASA, 1998).

En 1940, químicos europeos comprobaron que la calidad de aceite de cártamo es comparable a la de otros aceites como el de oliva, algodón y cacahuate (Garduño, 2002). El cártamo ganó pronto un lugar prominente en el mercado por sus características medicinales y saludables, dado su alto contenido de ácidos grasos no saturados, principalmente el ácido linoleico (Robles, 1991).

Cuadro 2. Composición de la semilla de cártamo (100 g)

COMPONENTE	CONTENIDO
Aceite	35 a 40, hasta 50%
Proteína	11 a 17%
Fibra	8.3
Carbohidratos	50.1
Humedad	4 a 7 %
Cenizas	4.3%
Tiamina	0.59 mg
Riboflavina	0.14 mg
Niacina	0,5 mg
Calcio	126 mg
Fósforo	310 mg
Hierro	9.7 mg

Fuente: Couch, 2000.

2.5.- Requerimientos edafoclimáticos

2.5.1.-Temperatura. Requiere de condiciones de clima de templado a frío en sus primeras fases de desarrollo y templado y caliente a mediados y finales de su desarrollo. La temperatura óptima es entre 20 y 35⁰C, temperaturas menores

de 5 a 10°C afectan su desarrollo (Kaffka *et. al.*, 2000). La germinación de la semilla requiere de temperaturas mayores de 40°C, con temperaturas del suelo de 15 hasta 20°C la semilla germina muy rápido y en un término de 3 a 4 días emergen las plántulas en donde permanecen postradas por un período de 3 a 4 semanas si la siembra se realiza en fecha óptima. A este período se le conoce como roseta y durante éste la planta produce bastantes hojas al nivel del suelo y empieza el crecimiento rápido de la raíz (Borbón, 2007).

2.5.2.- Altitud. Las mejores regiones productoras de este cultivo se encuentran entre 0 a 800 msnm. En regiones mayores a 1000 msnm la producción decrece. En México las regiones más productoras se encuentran en los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa y Tamaulipas y estas se ubican entre los 0 y 100 msnm (Ochoa, 2007).

2.5.3.-Suelo. Los mejores rendimientos de cártamo se obtienen en suelos profundos, fértiles y bien drenados (Kaffka *et al.*, 2000). Los suelos más adecuados para la producción de cártamo son los de textura franca o aluvión en los cuales la raíz logra una mayor penetración y aprovechamiento del agua y nutrientes (Medina *et al.*, 2001).

2.5.4.-Salinidad. El cultivo de cártamo es más sensible a la salinidad durante la germinación que en etapas más avanzadas. La salinidad afecta el porcentaje de germinación. Durante el desarrollo del cultivo el crecimiento es lento y las plantas afectadas son pequeñas y raquíticas. La tasa de

transpiración es baja, la estructura de las células se altera, la floración se adelanta por lo que se reduce el ciclo vegetativo. En algunos casos en el llenado de grano, éstos no alcanzan a hacerlo completamente, disminuyendo el tamaño y el peso de semilla. Otro de los factores que también se ve afectado negativamente por la salinidad es el porcentaje de aceite (Palacios, 1990).

Weiss (1983); citado por Torres (2004), afirma que el cártamo puede prosperar en un amplio rango de tipo de suelo, con un pH entre 5 y 8, obteniéndose los más altos rendimientos en suelos con reacción neutra.

2.5.5.-Humedad. La planta de cártamo requiere de menos humedad que otros cultivos, pero si requiere de ésta. Inicialmente se pensaba que este cultivo era resistente a la sequía, pero esta confusión sobrevino debido a que en algunas áreas el manto freático está muy alto y a que aparte la planta tiene un sistema radical muy extenso y profundiza mucho (2 a 3 metros) obteniendo de esta manera suficiente humedad para completar su ciclo (Kaffka y Kearney, 1998).

2.6.- Siembra

En el noroeste, el período óptimo comprende del 15 de noviembre al 31 de diciembre. Evaluaciones del efecto de la fecha de siembra indican que después del período sugerido, el potencial de rendimiento de las variedades puede decrecer hasta en 20 kilogramos diarios aproximadamente. En siembras anteriores a las recomendadas, se pueden obtener buenos rendimientos, con la

desventaja de que su ciclo vegetativo se alarga y el cultivo queda expuesto más tiempo a plagas y enfermedades. Por el contrario, en fechas posteriores, el ciclo vegetativo se acorta y se reduce el rendimiento. Se sugiere sembrar de 10 a 12 kilogramos de semilla por hectárea (Lope, 2001).

2.7.- Riegos

El uso y manejo adecuado del agua de riego es un factor determinante para la obtención de buenos rendimientos en cártamo. Se sugiere que los últimos riegos sean ligeros regando en forma alterna: un surco sí, uno no (Lope y Ochoa, 2005).

2.8.- Fertilización

En humedad residual el cártamo no responde a la fertilización con productos sólidos debido a que no se disuelven en la solución del suelo; sin embargo, su respuesta es buena a la fertilización foliar, por lo que se sugiere aplicarlo cuando el cártamo inicie la fase de ramificación. Se sugiere el uso de nitrógeno en dosis de 80 a 100 kg/ha. Aplicaciones excesivas afectan en forma negativa el contenido de aceite. Para aplicar fósforo se sugiere el fosfato monoamónico (11-52-00) en banda, o ácido fosfórico inyectado en suelos ricos en carbonatos y pH mayor de 7.5 (INIFAP-CIRNO, 2003).

2.9.- Labores de cultivo

Se sugiere uno o dos pasos de cultivadora mientras la altura de la planta lo permita (INIFAP-CIRNO, 2003).

2.10.- Cosecha

El cártamo está listo para cosecharse cuando las brácteas de las cabezuelas se tornan de color café. La semilla deberá desprenderse fácilmente del capítulo, y su contenido de humedad será de 6 a 8% (INIFAP-CIRNO, 2003).

2.11.- Variedades

La investigación genética realizada en el Noroeste de México permite disponer de un mosaico amplio de variedades de cártamo y que ofrecen al productor disminución de riesgos por su tolerancia a enfermedades, buen potencial de rendimiento y garantía en su comercialización por su calidad industrial.

Quilantán 97. Es de ciclo intermedio, florea a los 115 días y llega a la madurez fisiológica a los 150. Tiene un hábito de crecimiento determinado y su altura promedio es de 136 cm. Las hojas son de color verde claro, base angosta y ápice ancho; su tallo es erecto y resistente al acame. Las flores son amarillas cuando están frescas y se tornan anaranjadas al secarse. El número promedio de capítulos por planta es de 24 con un promedio de 40 granos por capítulo. El peso hectolítrico del grano es de 57.1 kg, contiene un promedio de 35.8% de aceite y 17% de proteína. El aceite es de tipo oleico en un 74.4% contra un 18.2 de ácido linoleico (INIFAP-CIRNO, 2003).

San ignacio 92. De ciclo vegetativo intermedio, con 116 días de floración y llega a su madurez fisiológica a los 153 aproximadamente. Su altura promedio es de 127 cm y su hábito de crecimiento determinado y arbolado. Las hojas son

de tamaño medio de color verde claro y bordes aserrados, su tallo es erecto, sólido y resistente al acame. Sus flores son de color anaranjado, frescas o secas y el polen amarillo; produce un promedio de 25 capítulos por planta y 28 granos por capítulo. El grano tiene un peso específico de 51.2 kg por hectolitro (hl) y el peso de 1000 granos es de 39.5 gramos, el promedio de aceite es de 36.2% y 16.5% de proteína. Su aceite es de tipo linoleico y lo contiene en un 75% y ácido oleico en 16.8% (INIFAP-CIRNO, 2003).

Sonora 92. El ciclo de esta variedad es intermedio, florea a los 114 días y llega a madurez fisiológica a los 150, alcanza una altura promedio de 116 cm, es de hábito determinado y arbolado, sus hojas son de tamaño medio, color verde claro y con bordes más aserrados. La ubicación de sus ramas se localiza en los dos tercios superiores del tallo, que es erecto sólido y resistente al acame. Las flores frescas o secas son anaranjadas y el polen es amarillo. Produce aproximadamente 24 capítulos por planta con un promedio de 30 granos por capítulo. El contenido de aceite es de 36.4% y de proteína 16.8%, es sobresaliente en porcentaje de ácido linoleico con un promedio de 78.1% y de oleico 13.6%. El peso de 1000 semillas es de 40.4 gr y su peso específico de 53.5 kg/hl (INIFAP-CIRNO, 2003).

Bacum 92. Su ciclo vegetativo es intermedio, su floración es a los 115 días y la madurez fisiológica a los 150. Tiene una altura de 126 cm y es de hábito de crecimiento determinado erecto, con hojas ovaladas de color verde claro, aserradas y ápice agudo; las ramas están ubicadas en los dos tercios

superiores del tallo y con tres capítulos por rama. Como característica particular, durante los primeros 60 días el tallo es succulento y la planta presenta aspecto acamado que se elimina conforme la planta se desarrolla. Las flores son amarillas cuando están frescas y anaranjadas cuando se secan y el polen es amarillo. El grano tiene un peso específico de 54.2 kg/hl y el de 1000 granos es de 35.7 gramos; el aceite es de tipo linoleico con un promedio de 75.7% de éste y 17.4 de oleico (INIFAP-CIRNO, 2003).

Sinaloa 90. Esta variedad es de ciclo intermedio, florea a los 119 días y su madurez fisiológica es a los 153; la altura promedio es de 155 cm, su hábito de crecimiento es determinado, las hojas son lanceoladas aserradas y de color verde intenso, tallo erecto y resistente al acame. Las flores son amarillas cuando están frescas y al secarse son anaranjadas; produce generalmente 16 capítulos con un promedio de 29 granos cada uno. El peso hectolítrico es de 53.9 kg, el contenido de aceite es de 37.5% y 9.7% de proteína y la proporción de linoleico y oleico es de 78.8 y 12.1%, respectivamente (INIFAP-CIRNO, 2003).

2.12.- Principales problemas fitosanitarios

En los últimos años, el cártamo se ha caracterizado por la caída en cuanto a producción, superficie cosechada y rendimiento, como resultado de los problemas de precios, problemas fitosanitarios, como los causados por malezas, plagas y enfermedades; así como la poca investigación que se le ha hecho a esta oleaginosa (Lope, 2001).

2.12.1.- Malezas

El cultivo del cártamo requiere de prácticas adecuadas de control de maleza para evitar reducciones en su rendimiento, en este cultivo las malas hierbas aparecen desde sus primeras etapas, y sobre todo cuando la plántula del cártamo crece muy lentamente y permanece en estado de roseta varios días, en éste período el cultivo es extremadamente susceptible a la competencia de la maleza, la cual puede ocasionar una reducción hasta de un 65% del rendimiento (Lope, 2001).

Lope (2001), menciona que para evitar dicha reducción es conveniente realizar medidas de control de maleza durante los 40 días posteriores a la emergencia del cultivo, fecha que se ha determinado como el periodo crítico de competencia maleza-cártamo. Las malezas más importantes en éste cultivo, son el girasol (*Helianthus annuus*), mostaza (*Brassica nigra*), malva (*Malva parviflora*), alpistillo (*Phalaris sp*), avena silvestre (*Avena fatua*), correhuela (*Convolvulus arvensis*) y zacate Johnson (*Sorghum halepense*), especies que se pueden combatir más eficientemente al integrar métodos de combate que se detallan a continuación:

Control preventivo. El objetivo de este combate, se centra en la idea de evitar las infestaciones de maleza en el terreno. Por lo anterior, es necesario mantener limpios los canales de riego, cosechadoras y maquinaria. Asimismo, es importante impedir que la maleza produzca semilla para evitar infestaciones en ciclos posteriores (Lope, 2001).

Control cultural. En aquellos lotes con problemas de maleza, es conveniente sembrar en húmedo. Esta práctica eliminará un alto porcentaje de las infestaciones iniciales de las malas hierbas. Al emerger el cultivo, se sugiere mantener libre de maleza el cultivo durante los primeros 40 días, mediante un paso de cultivadora a los 30 días después de la siembra y el segundo después del primer riego de auxilio y además realizar deshierbes manuales (Lope, 2001).

Control químico. Cuando el terreno presenta una alta infestación de maleza es necesario considerar esta forma de combate descrito en el Cuadro 3.

2.12.2.- Plagas

A continuación se describen las principales plagas en el cultivo del cártamo.

2.12.2.1.- El Pulgón Verde del Cártamo (*Myzus persicae*)

Homoptera:Aphididae

Por lo general cuando las condiciones son favorables, las generaciones producidas son solo hembras partenogenéticas. Cuando la planta se debilita un poco, se constata la presencia de hembras partenogenéticas aladas, que van a colonizar otras plantas, a veces lejos de su lugar de crianza, viviendo en grandes grupos en el envés de las hojas. El daño que provocan las ninfas y adultos es succionando la savia, ocasionando amarillamiento y encrespamiento de las hojas, debilitamiento y muerte de las plantas. La plaga es muy importante solo si hay posibilidad de transmisión de virus (INIFAP, 2007).

Cuadro 3. Herbicidas utilizados en el combate de maleza en cártamo.

HERBICIDA	DOSIS/HA	EPOCA DE APLICACION	MALEZA QUE CONTROLA
Trifluralina (FREFLAN	980 g i.a. 2.0 litros	Presiembra incorporado con dos pasos de rastra	Maleza de hoja ancha y angosta; como alpiñillo y mostacilla
Fluazifop-p- butil FUSILADE B/W	125 g i.a. 1.0 litro	Aplicación en postemergencia temprana	Especies gramíneas anuales y cultivos anuales voluntarios
Fluazifop-p- butil FUSILADE B/W	250-375 g i.a. 2.0-3.0 litros	Aplicación en postemergencia temprana	Especies gramíneas perennes Zacate johnson
Glifosato FAENA	1,200-1,920 g i.a. 2.5-4.0 litros	30 días antes de la siembra sobre el follaje de plantas con altura de 50 cm	Zacate johnson
Glifosato FAENA	2,880-4,800 g i.a. 6.0-10.0 litros	30 días antes de la siembra sobre el follaje con crecimiento vigoroso.	Correhuela perenne

Fuente: Lope, 2001.

2.12.2.2.- Gusano trozador (*Agrotis spp*) Lepidóptera: Noctuidae

Durante los tres primeros estadíos la larva se alimenta de la parte aérea, sin causar daño. El daño es producido por las larvas de cuarto estadío, que bajan al suelo y se alimentan de las raíces y del cuello de la planta, en éste último caso depende del desarrollo de la planta y de las larvas para que el daño sea de importancia económica. Las larvas se alimentan solo durante la noche y en el día permanecen en la tierra a unos 10 cm de profundidad (Bayer, 2007).

2.12.2.3.- Grillo (*Acheta domestica* L.) Orthoptera: Gryllidae

Esta plaga se puede presentar en campos de cártamo que colindan con terrenos baldíos o drenes enmalezados. Los adultos y ninfas atacan a las plántulas desde su emergencia hasta antes de abotonar, trozándolas de la base o defoliándolas, según sea su edad (INIFAP, 2007).

2.12.2.4.- Gusano saltarín (*Elasmopalpus lignosellus* Zeller)

Lepidóptera: Pyralidae

La larva perfora las plantas pequeñas y excava un corto túnel hacia el centro del tallo. En su parte subterránea se produce el daño del “cogollo o corazón muerto”. El daño severo se asemeja a un déficit hídrico marcado. Las larvas pupan bajo el suelo. Esta plaga adquiere importancia en suelos muy arenosos, con tendencia a secarse rápidamente (INIFAP, 2007). Se puede presentar focos de infestación durante la postemergencia del cártamo. Las larvas se desarrollan bajo la tierra en túneles de seda y barrenan los tallos a la altura del nudo de la raíz. El control de las plagas del suelo sólo se justifica cuando se encuentran grandes focos de infestación con secciones de surco con plantas trozadas. Las aplicaciones deben ser terrestres, preferentemente por las tardes (DANAC, 2006).

2.12.2.5.- Barrenador del tallo (*Melanagromyza virens* Loew)

Díptera: Agromyzidae

Las larvas, al eclosionar, se introducen en los tejidos tiernos de las ramas y se alimentan de su interior; barrenan hacia abajo hasta llegar a la base del tallo principal. Ahí se estacionan unos centímetros arriba de la corona de la raíz y

forman un callo o crecimiento anormal como respuesta al daño. Las larvas y pupas se localizan en esa área callosa del tallo que adopta la forma de una "S". Cuando el adulto eclosiona sale por un agujerito que inicia previamente por las alas. Las terminales de las plantas atacadas se marchitan, las hojas se desarrollan cloróticas y finalmente mueren. Si las larvas y pupas están dentro de ramas y tallos no se sugiere el control químico, excepto que se tengan antecedentes de su presencia en el lote y se detecte oportunamente la llegada de la plaga (INIFAP-CIRNO, 2003).

2.12.2.6.- Gusano bellotero (*Heliothis* spp.) Lepidoptera: Noctuidae

La plaga es importante durante la floración. Las larvas barrenan los botones florales y las cabezuelas tiernas lo que origina que se pudran. Se sugiere el control químico cuando las larvas estén chicas y se encuentren más de 5% de botones o cabezuelas con gusanos (INIFAP-CIRNO, 2003).

2.12.2.7.- Gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hubner) y falso medidor (*Trichoplusia ni* Hubner) Lepidoptera: Noctuidae

Los daños son causados por las larvas de cualquier edad. Cuando éstas eclosionan suelen atacar las partes altas más tiernas de la planta, cuando pasan a L4-L5 las larvas viven aisladas en otras plantas próximas, en las hojas bajas (Cabello y Barranco, 1995). Estas especies actúan como defoliadores; sin embargo, si se considera que el cártamo tolera bastante daño al follaje, se sugiere el control químico sólo cuando se encuentren más de dos larvas por metro lineal (INIFAP-CIRNO, 2003).

**2.12.2.8.- Chinche lygus (*Lygus lineolaris* Palisot de Beauvois)
y chinche rápida (*Creontiades* spp). Hemiptera: Miridae**

Los adultos chupan los botones florales y las cabezuelas tiernas, ocasionando el avanamiento de los granos. Cuando se observe una infestación del 15% se sugiere el control químico (INIFAP-CIRNO, 2003).

2.12.3.- Enfermedades

El cártamo crece adecuadamente en suelos profundos, de buen drenaje y baja humedad atmosférica. Este cultivo es susceptible a diferentes enfermedades, sobre todo si se presentan las condiciones adecuadas para su desarrollo. La rotación de cultivos, riego, desinfección de la semilla y cuidado de la planta en todo su ciclo de cultivo son métodos muy importantes para evitar pérdidas durante la cosecha (Lope, 2001).

2.12.3.1.- Pudrición de la raíz por *Phytophthora*.

Reino: Stramenopila o chromista; Phylum: Oomycota; Clase: Oomycetes; Orden: Pythiales; Familia: Pythiaceae; Género: *Phytophthora*

Importancia. Es una de las enfermedades principales del cártamo, sobre todo si las condiciones son de riego (Kaffka y Kearney, 1998).

Síntomas. Kaffka y Kearney (1998), mencionan que la planta es susceptible durante toda su etapa de desarrollo. En estado temprano la raíz infectada muestra un enrojecimiento del tejido, posteriormente se vuelve de color oscuro.

En cultivos de temporal, con lluvias fuertes, la enfermedad es favorecida, especialmente durante la etapa final de la primavera.

La enfermedad se caracteriza por reducir el vigor y debilitar progresivamente a las plantas, desarrollar clorosis, escaldado y caída anticipada de hojas y producir la muerte de las plantas afectadas (Mircetich y Keil, 1970; Wilcox y Ellis, 1989; Wilcox, 1992; Wilcox y Latorre, 1994; Latorre, 1995; Rossini y Di Masi, 1996; Browne y Viveros, 1999). A menudo estos síntomas se confunden con los producidos por asfixia radical, en condiciones de saturación prolongada de suelo (Wilcox y Ellis, 1989; Latorre et al., 1991; Wilcox, 1992). Sin embargo, el daño radical debido a asfixia presenta una coloración azul-púrpura, lo que permite diferenciarlo de las enfermedades radicales producidas por especies de *Phytophthora*, las que son anaranjadas o café rojizo (Kaffka y Kearney, 1998).

La saturación de los suelos parece incrementar la severidad de esta enfermedad, promoviendo la descarga y diseminación de zoosporas de *Phytophthora* (Wilcox y Mircetich, 1985). Además, el déficit de oxígeno que se produce en las raíces bajo condiciones de anegamiento, aumenta la susceptibilidad del hospedero (Kuan y Erwin, 1980; Blaker y MacDonald, 1981; Wilcox y Mircetich, 1985; Duncan y Kennedy, 1989; Wilcox y Latorre, 1994).

La enfermedad es más severa cuando los suelos están completamente saturados. El cártamo es más susceptible a la infección si se presenta estrés por sequía, los síntomas son evidentes ya que se observa una coloración café en la parte baja de las hojas (Kuan y Erwin, 1980).

Ciclo de vida y epidemiología. Producen esporangios (vesículas) que en su interior forman esporangios o esporas flageladas. Al golpear repetidamente los tallos, cuello o raíces del huésped, la zoospora pierde sus flagelos y se enquistas alrededor de los tejidos del huésped. Durante el invierno, las bajas temperaturas del suelo no favorecen el rápido desarrollo del hongo, pero al terminar el invierno se producen nuevamente condiciones óptimas para el desarrollo del hongo, al subir nuevamente la temperatura y mantenerse el suelo saturado de agua por las lluvias (France, 2001).

El hongo puede sobrevivir a las condiciones adversas en forma de micelio que permanecen en el suelo después de la cosecha o como oosporas que resultan de la reproducción sexual. Las hojas o partes de la planta deben permanecer húmedas cuando menos por cinco horas para que la infección se realice. El ciclo de una generación de esporas a otra toma de cuatro a cinco días a temperaturas entre 15 y 20°C. El crecimiento del hongo se inhibe a temperaturas superiores a los 25°C. La temperatura óptima para la germinación de los zoosporangios es de 14°C. La alta humedad relativa y agua libre sobre los tejidos de la planta determina el desarrollo de la enfermedad en el campo. Los períodos de días con alta humedad relativa y lluvias seguidos de días soleados favorecen el desarrollo de la enfermedad (Kuan y Erwin, 1980).

Control. En forma preventiva se utilizan variedades resistentes. Si uno o dos focos de la enfermedad son descubiertos al inicio de la epidemia, se destruyen las plantas infectadas con un herbicida. Los funguicidas de contacto se usan

para prevenir la infección y durante epidemias leves pueden ser suficientes para mantener la enfermedad dentro del umbral económico. Usar fungicidas sistémicos en forma curativa o bien mezclas de un fungicida de contacto con un sistémico o en su caso un fungicida de acción traslaminar seguido por un sistémico. Es importante mantener una alternancia de productos químicos para reducir el riesgo de la aparición de formas resistentes del hongo. Los siguientes fungicidas han sido ampliamente probados por su eficacia para el control de la enfermedad: Azoxistrobin (Quadris); Chlorothalonil (Bravo, Echo, Terranil); Cobres (Un-Cop, Koper-Zn, Kocide, ManKocide); Cymoxanil (Curzate); Dimethomorph (Acrobat MZ); Mancozeb (Dithane, Manzate, Penncozeb); Mefenoxam (Ridomil Gold Bravo, Ridomil Gold Koper, Ridomil Gold MZ); Metiram (Polyram); Tripheniltin Hidroxido (Super Tin) y Propamocarb hidroxido (Tatoo C). Otra medida de prevención sugiere no regar con exceso en aquellos suelos que tengan mal drenaje o sean muy impermeables. Debe regarse a tramos cortos y de ser posible deben levantarse los surcos de siembra (INIFAP-CIRNO, 2003).

2.12.3.2.- Roya o chahuixtle del cártamo (*Puccinia carthami*)

Reino: Eumycota o Fungi; Phylum: Basidiomycota; Clase: Urediniomycetes; Subclase: Urediniomycetidae; Orden: Uredinales; Familia: Pucciniaceae; Género: *Puccinia*

Importancia. Esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en todas las áreas de producción de cártamo. Fue reportada en Sinaloa en 1958 y desde entonces ha sido un problema esporádico en el cultivo del cártamo, altamente

influida por las condiciones de clima. La enfermedad tiene importancia económica debido al elevado porcentaje de ataque que se observa a través del ciclo del cultivo, aunque la mayoría de las variedades son tolerantes al ataque del hongo. La devastación del cártamo por la enfermedad se presenta en estado de plántula, durante la formación de yemas y cercano a la maduración del cultivo. Si el ataque se presenta en la floración, el daño es pequeño (INIFAP-CIRNO, 2003).

Síntomas. Los síntomas característicos de la enfermedad son amarillamiento y marchitez de la planta, la enfermedad es más evidente a partir de la floración hasta la formación de la semilla. Se puede observar la presencia de pústulas de color café castaño sobre el cotiledón, hojas y brácteas. Las primeras pústulas son de color anaranjado oscuro que se observan en los cotiledones y la infección continúa paralela al crecimiento de la planta. Las hojas se tornan amarillas y posteriormente se secan por completo. El amarillamiento se ha observado más marcado en suelos con deficiencia de nitrógeno (Kaffka *et al.*, 2000).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología. La infección puede tener su origen de dos fuentes: del suelo, donde puede permanecer viable el inóculo de un año a otro; y de la semilla, ya que ésta es portadora de un gran número de teliosporas. La enfermedad es favorecida a temperaturas del suelo de 15 a 25°C. y es obstruida de 30 a 35 °C. El aumento de la enfermedad no difiere a

niveles de humedad de 35, 60 y 80% de capacidad de retención (Kaffka *et al.*, 2000).

Las teliosporas son de color negro que se presentan al final del ciclo del cultivo, por lo que pueden infectar a las semillas o persistir en el suelo. Esas esporas producen basidiosporas, que son las que infectan a las plántulas. Las aeciosporas y teliosporas aparecen en el estado vegetativo de la planta y se diseminan por el viento. Estas pueden infectar al follaje e iniciar nuevamente el ciclo, sobre todo si las condiciones ambientales son favorables. La infección de la plántula se presenta si la semilla es contaminada por las teliosporas o también si el cártamo se ha sembrado en suelos infectados, algunas plántulas mueren mientras que otras pueden crecer pero se quiebran fácilmente, sobre todo si los vientos son fuertes (Kaffka y Kearney, 1998).

Se han identificado un gran número de razas fisiológicas del hongo. Las variedades comerciales resistentes a la mayoría de las razas no están disponibles a pesar de que algunas variedades del cártamo son resistentes.

Este hongo presenta uredosporas unicelulares, con equinulaciones, redondeadas ovoides o elipsoidal redondeada, con café dorado o café claro; telia café negruzco, pulverulenta; teliosporas bicelulares elipsoidales de pared berrucosa con pequeñas separaciones entre las verrugas, célula temporal redondeada o ligeramente punteada; pedicelo descolorido (Mendoza y López, 1983).

Control. Se recomienda el uso de semilla libre de roya para el control del hongo. Existen algunos fungicidas recomendados para el control, sin embargo no controlan totalmente al hongo. La rotación de cultivos y las prácticas de campo son esenciales para reducir el inóculo y prevenir la formación de las esporas en el siguiente ciclo. La siembra en fechas recomendadas ayuda a reducir en gran medida la enfermedad y el tratamiento de la semilla con protectores (Kaffka *et al.*, 2000).

2.12.3.3.-Marchitez por *Fusarium oxysporum* f sp *carthami*

Dominio: Eucariota; Reino: Eumycota; Phylum: Ascomycota; Clase: Ascomycetes; Subclase: Sordariomycetidae; Orden: Hypocreales; Familia: Nectriaceae; Género: *Nectria*, *Gibberella* (*Fusarium*)

Importancia. Esta enfermedad tiene un alto potencial de dispersión, por lo que puede convertirse en un grave problema (Kaffka *et al.*, 2000).

Síntomas. El hongo puede causar damping-off en pre y postemergencia y cuando las plantas no mueren sufren enanismo, en plantas adultas el patógeno ocasiona pudrición de raíces, tallos y frutos. El ataque inicia abajo del nivel del suelo con una pudrición suave y oscura de cuellos y raíces, induciendo marchitamiento de toda la planta, muchas veces las hojas de un solo lado de la planta se tornan cloróticas y después se marchitan, es común que los tallos por un lado se necrosen, tomen un color café y después exuden gotitas de goma parduzcas y cuando el tejido muere, se desarrollan esporodoquios de color rosado o blanco-rosado. Los síntomas característicos son marchitez y

amarillamiento de un solo lado de la planta que inician en las hojas bajas. En el tejido vascular del tallo y raíces se observa una coloración café (Kaffka *et al.*, 2000).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología. El hongo invade las raíces y se propaga sistémicamente a través del tallo, hojas y ramas. El hongo persiste en el suelo, residuos de la cosecha anterior, en el tejido interno y parte exterior de las semillas. Algunas variedades de cártamo presentan resistencia parcial y muy pocas presentan resistencia completa a la raza de *Fusarium*. Las hifas del hongo se observan en los vasos xilemáticos de las raíces y tallos de las plantas infectadas. El ataque de esta enfermedad se ve favorecido cuando las temperaturas son altas, entre 17 y 31° C, en suelos franco-arenosos con un pH entre 7,6 y 8,0 y con un 25 % de humedad en el suelo (Kaffka *et al.*, 2000).

La forma y tamaño de las esporas es la característica principal para el reconocimiento de *Fusarium*. Las esporas están dispersas en el micelio aéreo o en esporodoquios. Los macroconidios son curvados, pluriseptados, con una célula apical más o menos puntiaguda y en muchas especies con una célula basal en forma de pie. Los microconidios son comúnmente unicelulares, elipsoidales, fusiformes, claviformes, piriformes o subglobosos, similares en ancho a los macroconidios, con una base redondeada o truncada, por lo general formando cabezuelas. No siempre son producidos ambos tipos de esporas. Los conidióforos del micelio aéreo en algunos casos sólo constan de una célula conidiógena, en otros están ramificados, a veces en verticilos. Las

monofiálides producen conidios desde una sola abertura y en las polifiálides surgen las esporas desde más de una abertura en la misma célula (Booth 1997, citado por Carrillo, 2003).

Fusarium oxysporum llega a sobrevivir en el suelo por más de 10 años en ausencia de hospedantes susceptibles, ya sea como clamidosporas o como micelio en los restos vegetales, la penetración es principalmente por raíces, por las heridas que se forman al emerger las raíces laterales, o bien por daños mecánicos ocasionados por implementos de labranza, o por daños ocasionados a las raíces por larvas. Después de la penetración, el micelio invade la región vascular, principalmente el xilema, en donde a veces producen microconidios que son transportados por el flujo de este sistema de conducción. La dispersión del patógeno se da por acarreo de suelo infestado en las patas de los animales, implementos de labranza o zapatos de los mismos jornaleros, el hongo es transportado en plántulas, tierra adherida a órganos cosechados, partículas de tierra arrastradas por el viento o por el agua de riego o de lluvia, es más activo en suelos calientes y húmedos, 26°C o más (González, 2007).

Control. Se recomienda eliminar las plantas que presenten los primeros síntomas, pueden realizarse aplicaciones localizadas de soluciones fungicidas a base de Benomilo o de Carbendazim al cuello de las plantas o a través del riego localizado. Esta medida frena el desarrollo de la enfermedad, es recomendable usar semilla sana, certificada o protegerla con algún fungicida, otra medida necesaria es realizar control de riegos para evitar encharcamientos, la rotación

de cultivos es una buena práctica, otra alternativa es el empleo de Metam sodio (Romero, 1988).

2.12.3.4.- Marchitez por *Verticillium dahliae*

Dominio: Eucariota; Reino: Eumycota; Phylum: Ascomycota (Deuteromycota, estados anamórficos); Clase: Ascomycetes (Hyphomycetes); Subclase: Sordariomycetidae; Orden: Hypocreales (Moniliales); Familia: Bionectriaceae (Moniliaceae); Genero: *Verticillium* :

Importancia. Esta enfermedad es potencialmente seria y se presenta principalmente en áreas de producción de cártamo. Las plantas son atacadas en cualquier etapa de desarrollo y en épocas de frío, aunque la enfermedad no mata a las plantas rápidamente. Las plantas atacadas generalmente maduran pero se secan más rápido que las plantas no atacadas (Kaffka *et al.*, 2000).

Síntomas. Un síntoma inicial característico es una clorosis a través del margen y venas de las hojas, iniciando en las hojas bajas, avanza progresivamente hacia las hojas de arriba, además se observa una coloración café en el tejido vascular del área afectada. El organismo es favorecido por las temperaturas frías, suelos con textura fina, alto contenido de nitrógeno y humedad. El hongo invade las raíces y se propaga a través del tejido vascular de tallos y hojas. Todas las variedades comerciales de cártamo son susceptibles al hongo (Kaffka *et al.*, 2000).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología. Este hongo del suelo se caracteriza por producir conidios sobre conidióforos verticilados, y microesclerocios, que tienen una importante implicación epidemiológica y en el control de la enfermedad. Estas estructuras permiten al patógeno sobrevivir en el suelo durante largos periodos, incluso en ausencia de huéspedes. Este hongo produce una infección sistémica de la planta a través del xilema que dificulta la eficacia de los métodos de control químico. Los microesclerocios del suelo inician la infección de la planta a través de las raíces. La penetración puede ser directa pero se ve favorecida por las heridas. Tras la penetración, el hongo se establece en el xilema produciendo micelio y conidios; colonizando la planta de forma sistémica, es decir, puede estar presente en cualquier parte de ella. El resultado final es la formación de microesclerocios en todos los tejidos infectados de la planta. Transcurrido el tiempo necesario para la muerte y posterior a la descomposición de los tejidos infectados, los microesclerocios libres o embebidos en los restos se incorporan al suelo. De esta forma se cierra el ciclo de la enfermedad y el inóculo (microesclerocios), está preparado para causar un nuevo ciclo de infección. Aunque *V. dahliae* ha sido considerado como un hongo de suelo de dispersión lenta, tiene capacidad para dispersarse de diversas formas: asociado al movimiento de suelo infestado, con áperos y herramientas, en el agua de riego o asociado a restos de tejidos infectados, especialmente las hojas. Otro medio de dispersión es mediante el material de plantación infectado con el que puede transmitir la enfermedad a grandes distancias (Blanco *et al.*, 2003).

La temperatura óptima para el crecimiento del hongo es de 21°C o 20-24°C y un mínimo de 10°C, no crece a 30°C, y no es patogénico por encima de los 25°C. El pH óptimo de crecimiento es de 8.0 – 8.6. Los conidios germinan cuando se encuentran en contacto con el suelo (Domsch *et al.*, 1980).

Verticillium dahliae persiste durante el invierno como micelio oscuro en residuos de plantas, plantas infectadas y posiblemente en malezas hospederas (Graham, 1979).

Control. El cultivo puede ser protegido con fungicidas como Benomyl (Benlate), Clorotalonil (Bravo) o Thiabendazol (Mertect) que están autorizados en Estados Unidos. Otros fungicidas son el Procloraz-manganeso (Sporgon) o Mancozeb (Dithane M-45) los cuales su posibilidad de registrarlos se ve difícil. La rotación de fungicidas puede ayudar a disminuir el riesgo de resistencia por el uso de un solo producto. Es importante asegurarse que el fungicida cubra completamente el cultivo a la concentración apropiada (Jefferson y Gossen, 2002).

Las labores de cultivo son importantes para disminuir los riesgos de que se presente la enfermedad por lo que se debe insistir en mantener siempre limpio el terreno. Otra práctica importante es la desinfección de las herramientas de trabajo y en caso de tener un cultivo muy dañado hay que dar por terminado el cultivo. Se recomienda rotación de cultivos con especies no susceptibles como las gramíneas donde se incluye al maíz, arroz, sorgo y caña de azúcar (Kaffka *et al.*, 2000).

Estudios en ambiente controlados han mostrado que el estrés de agua reduce el porcentaje de desarrollo del síntoma comparada con los controles bien regados (Pennypacker *et al.*, 1991), esto se debe a que el patógeno requiere de periodos de alta humedad para la dispersión de las esporas e infección, por lo que un incremento en la irrigación incrementa la incidencia del patógeno, sobre todo si la variedad es susceptible (Jefferson, *et al.*, 2002).

2.12.3.5.-Pudrición de la cabeza por *Botrytis*

Dominio: Eucariota; Reino: Eumycota; Phylum: Ascomycota; Clase: Ascomycetes; Subclase: Leotiomycetidae; Orden: Helotiales; Familia: Sclerotiniaceae; Genero: *Botrytis*

Importancia. Este hongo comparte comportamientos patógeno y saprófito. La enfermedad es muy severa en regiones donde la humedad atmosférica es muy alta. Infecta más de 200 especies vegetales distintas, determinando serias pérdidas económicas. El patógeno puede atacar al cultivo en cualquier estado de desarrollo y puede infectar cualquier parte de la planta (Benito *et al.*, 2000).

Síntomas. El síntoma típico es un micelio esponjoso gris oscuro característico de la zona afectada, ataca a todas las partes de la planta, las hojas atacadas forman manchas necróticas de contorno indefinido. La cabeza de la planta infectada se pone de color verde seguida de una completa decoloración. Las esporas de *Botrytis cinerea* (teleomorfo: *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel), son diseminadas por el viento y la infección de la semilla se da si las condiciones ambientales son favorables. Ninguna variedad es resistente. No se

recomienda sembrar cártamo en áreas donde hay mucha humedad debido a que favorece el desarrollo de la enfermedad (Kaffka y Kearney, 1998).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología. El patógeno *Botrytis sp.* produce gran cantidad de micelio gris y varios conidióforos largos y ramificados con las puntas de las ramas hinchadas y fértiles, produciendo conidios en esterigmas cortos, cuyas células apicales redondeadas producen racimos de conidios ovoides, lisos, unicelulares, incoloros o de color gris de promedio de 7.4 a 13 μ . Los conidióforos y los racimos de conidios se asemejan a un racimo de uvas (Romero, 1988).

El hongo libera fácilmente sus conidios cuando el clima es húmedo y luego éstos son diseminados por el viento. El hongo a menudo produce esclerocios irregulares, planos, duros y de color negro. *Botrytis* inverna en el suelo en forma de esclerocios o de micelio, el cual se desarrolla sobre restos de plantas en proceso de descomposición. Al parecer, este hongo no infecta a las semillas, pero puede propagarse con las semillas contaminadas mediante esclerocios del tamaño de las semillas o sobre restos de plantas infectadas. Las etapas de invernación también se propagan mediante cualquier cosa que mueva el suelo o los restos vegetales que pudieran portar esclerocios o micelio del hongo. Este último requiere un clima húmedo y moderadamente frío (18 a 23° C) para que se desarrolle adecuadamente, esporule, libere y germine sus esporas y para que produzca la infección (Domínguez, 1993).

El ciclo de la infección inicia cuando las esporas de *Botrytis* pueden ser producidas sobre cualquier material vegetal y transportadas a grandes distancias por corrientes de aire (Jarvis, 1977).

Control. Esta enfermedad debe prevenirse, mediante la aplicación de productos protectores. En campo se recomienda aplicar Benomilo, Anilazina, Oxidloruro de cobre, Carbenzazim, Vinclozolin, se recomienda rotar los fungicidas para no crear resistencia (Benito *et al.*, 2000).

2.12.3.6.- Ahogamiento de la planta (*Pythium* spp.)

Reino: Stramenopila o chromista; Phylum: Oomycota; Clase: Oomycetes; Orden: Pythiales; Familia: Pythiaceae; Género: *Pythium*

Importancia. Este hongo tiene un amplio rango de hospedantes y una gran capacidad de reproducción. Tiene un alto potencial patogénico de parasitismo facultativo, ya que, además de vivir y poder multiplicarse a expensas del material orgánico en descomposición, este hongo, bajo condiciones favorables, principalmente de humedad y temperatura, es capaz de parasitar plantas superiores y causar ahogamiento de plántulas, pudrición de raíces, tallos o frutos carnosos como pepino, col, melón, etcétera (Romero, 1988).

Síntomas. Esta enfermedad es favorecida si después de la plantación se presenta una lluvia. El frío y la humedad son condiciones que favorecen la enfermedad. Por lo común la infección inicial se produce al nivel de la superficie del suelo, invade el tallo del huésped penetrando directamente a las células

epidérmicas y corticales del tallo, se nutre de sus contenidos y degrada sus paredes celulares produciendo la desintegración de las células y los tejidos produciendo una pudrición blanda de color pardo oscuro en el sitio de penetración del patógeno. Las raicillas de las plantas pueden ser atacadas, penetrando por las puntas y produciendo un rápido colapso y muerte de las raicillas, ocasionando un pobre sistema radicular y provocando la caída de las plantas (Kaffka *et al.*, 2000).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología. El micelio es blanco algodonoso, filamentoso, ramificado y de rápido crecimiento. En los extremos de las hifas cortas se producen también oogonios esféricos y anteridios en forma de clava. Las oosporas toleran las temperaturas bajas y altas, y se les considera la etapa invernante del hongo. El tipo de germinación tanto de los esporangios como de las oosporas está determinado por la temperatura: por encima de 18°C favorecen la germinación de los tubos germinales, mientras que las temperaturas entre 10 y 18°C induce a la germinación por medio de las zoosporas. *Pythium* ataca tejidos juveniles o succulentos, penetra a las semillas, el embrión o los tejidos de las plántulas emergentes mediante la presión mecánica y degradación enzimática; macerando los tejidos (González, 2007).

Control. Se recomienda realizar rotación de cultivos por un mínimo de dos años y plantar en suelos con buen drenaje (González, 2007).

2.12.3.7.- Pudrición de la cabeza o podredumbre blanda del capítulo (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Dominio: Eucariota; Reino: Eumycota; Phylum: Ascomycota; Clase: Ascomycetes; Subclase: Leotiomycetidae; Orden: Helotiales; Familia: Sclerotiniaceae; Género: *Sclerotinia*

Importancia. Es una enfermedad severa y es favorecida por períodos largos de humedad durante la floración y el período de llenado de la semilla. Esta enfermedad afecta las cabezuelas, por lo que se ven decoloradas. Si las semillas cosechadas están contaminadas, el valor de ésta se reduce. El patógeno sobrevive en el suelo infectado, residuos de la cosecha y malezas creando un alto potencial para la reinfestación del siguiente ciclo (Rossini y Di Masi, 1996).

Síntomas. Los síntomas iniciales son amarillamientos, decoloración de las hojas y muerte de las hojas viejas, siempre que haya condiciones ambientales favorables. Una vez que el hongo crece dentro de la raíz, el síntoma inicia apicalmente y continúa en sentido descendente, hay atrofiamiento seguido de la muerte de todo el follaje. Las plantas jóvenes pueden marchitarse y morir rápidamente (Mendoza y López, 1983).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología. Posee micelio tabicado, y produce esclerocios negros de 2 a 20 mm de longitud y de forma irregular, como estructuras de resistencia. Estos esclerocios pueden germinar produciendo micelio o apotecios con ascas y ascosporas. La escala de temperaturas para el desarrollo oscila en 4 y 30° C con un óptimo entre 20° C y 24° C, la germinación

de esclerocios, la infección y el desarrollo se presentan entre los 15 y 20° C, a 22° C la enfermedad se desarrolla con mayor rapidez. Temperaturas de 5 a 10° C la enfermedad disminuye. No produce esporas asexuales (conidios) (Rossini y Di Masi, 1996).

Cuando el hongo germina produce cuerpos fructíferos en los residuos de la cosecha, por lo que las esporas del hongo infectan las partes bajas de la planta. La mayor parte del ciclo de vida de este hongo transcurre en el suelo en forma de esclerocios que permanecen viables por tiempos que van de 2 a 3 años. Los esclerocios pueden germinar produciendo micelio o apotecios. El micelio puede infectar directamente a la planta, cosa que ocurre cuando las hojas basales quedan en contacto con los esclerocios. Los apotecios (estructuras de reproducción sexual), tienen forma de copa, de color marrón claro y de 3 a 6 mm de diámetro. Estos apotecios liberan millones de ascosporas las que son llevadas por las corrientes de aire hasta las plantas. Las ascosporas pueden sobrevivir hasta por 2 semanas y necesitan entre 48 y 72 horas de humedad continua para producir la infección (Mondino, 2006).

Control. Debe realizarse rotación de cultivos por largos períodos cuando el terreno se encuentra muy infestado. Como método preventivo se debe tratar la semilla o plántulas con Ronilan o Rovral, también puede desinfectarse el suelo antes de sembrar con estos productos. Otras medidas son la extracción de plantas dañadas con todo y tierra circundante, incorporar materia orgánica, practicar la inundación combinada con el uso de desinfectantes del suelo. Como

control químico se utiliza el Folicur (tebuconazol) y el Fluazinam (Shogun) los cuales proporcionan un buen control (Romero, 1988).

2.12.3.8.- Mildiú (*Plasmopara halstedii*)

Reino: Stramenopila o chromista; Phylum: Oomycota; Clase: Oomycetes; Orden: Peronosporales; Familia: Peronosporaceae; Género: *Plasmopara*

Importancia. Esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida, se han reportado más de 100 especies de hospedantes, principalmente de la familia astereaceae (Kaffka *et al.*, 2000).

Síntomas. Los síntomas de la enfermedad son manchas cloróticas en las hojas, aparecen desde las nervaduras hasta cerca del pecíolo, los tallos son delgados, las semillas muy pequeñas. Se puede observar un damping-off y la formación de una agalla en la base del tallo. Produce enanismo y clorosis presentando conjuntamente un encrespamiento típico de la hoja, cubriéndose de una inflorescencia blanca pulverulenta que son los zoosporangios (Kaffka *et al.*, 2000).

Los síntomas varían en cuanto al tipo y severidad y dependen de la cantidad de inóculo, la edad del órgano afectado y condiciones como temperaturas moderadas y alta humedad del ambiente o del suelo. Las plantas con infecciones primarias manifiestan entrenudos cortos, clorosis adyacentes a las nervaduras y en muchos casos, las plantas no superan el medio metro de

altura. En los casos en que se formen los capítulos, estos son muy pequeños, deformados, se mantienen con el lateral del receptáculo que lleva los aquenios mirando hacia arriba y generalmente no producen semillas. Los síntomas causados por las infecciones secundarias se asemejan a los de las primarias en la medida en que se produzcan en estadíos tempranos de la planta. Las lesiones secundarias raramente resultan en infecciones sistémicas y tienen menor importancia económica que las primarias (Pérez y Corró, 2003).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología. Presenta micelio intercelular, con haustorios simples y en forma de perilla, esporangióforos ramificados en forma monopódica; las ramas nacen aproximadamente en ángulo recto con respecto al eje principal; las ramas secundarias también en ángulo recto; ápices de las ramas obtusos; esporangios pequeños, hialinos, papilados, germinación típicamente indirecta; oosporas de color café amarillento y epispora arrugada o reticulada (Romero, 1988).

Durante el invierno sobrevive como oospora o bien si el invierno es suave en forma de micelio dentro de las yemas o en las hojas persistentes. Cuando la temperatura ambiental alcanza los 12°C, la oospora germina y forma un esporangio que puede ser dispersado a través del viento. Para que un esporangio germine es necesaria la presencia de lluvia, ya que las zoosporas son las resultantes de esta germinación. Debido a la movilidad de las zoosporas, éste es el periodo más peligroso para el cultivo. Si las condiciones son las adecuadas las zoosporas se disponen cerca de los estomas de la

planta, se enquistan y forman un tubo germinal que se introduce a través del estoma. Este tubo germinal se desarrolla en la cavidad subestomática dando lugar a las primeras hifas que continuarán con la invasión del huésped (Pérez y Corró, 2003).

Control. Establecer las plantas en sitios asoleados y abiertos, manteniendo buena circulación del aire. La conducción del follaje debe facilitar el secado de las hojas. Mantener el suelo bien drenado y libre de malezas, es importante que esta sea eliminada a comienzos de la brotación (Bayer, 2007).

2.12.3.9.- Tizón foliar bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv *syringae*).

Esta enfermedad causada por *Pseudomonas syringae* pv *syringae*, es común en lugares fríos y húmedos. La bacteria es muy severa durante la primavera cuando las temperaturas permanecen frescas. La bacteria se disemina a través de la salpicadura de las lluvias, por lo que se requiere de lluvias pesadas para desarrollar epidemias. La infección se presenta en las hojas bajas, apareciendo manchas de color oscuro. La enfermedad aparece especialmente después de un período prolongado de lluvia. Los síntomas en las hojas consisten en numerosas manchas acuosas pequeñas en las hojas. En dos o tres días las lesiones se expanden y a menudo coalescen en áreas grandes secas de color verde-grisáceo. Estas áreas se necrosan y adquieren un color castaño claro a blanco en una semana. La necrosis avanza hasta que el 75-100% de la hoja está destruida (SENASA, 2005).

2.12.3.10.- Falsa cenicilla del cártamo (*Ramularia carthami* L.)

Reino: Eumycota o Fungi; Phylum: Ascomycota; Clase: Ascomycetes; Subclase: Dothideomycetidae; Orden: Mycosphaerellales; Familia: Mycosphaerellaceae; Género: *Mycosphaerella* (*Ramularia*)

Importancia. Esta enfermedad fue identificada en campos de producción de cártamo en California en junio de 2005 (Hostert, 2006). En los últimos dos años, el cártamo ha presentado un grave problema por la llamada falsa cenicilla del cártamo, es una enfermedad fungosa que ha atacado a todas las variedades de cártamo, y que destaca por su elevada agresividad al afectar de manera irreversible a la planta en un lapso de 15 días, reduciendo el rendimiento en más del 50% (Ortega y Ochoa, 2003).

Esta enfermedad se ha presentado desde el 2001 en Sonora, cuando ocasionó pérdidas de 36.4% en el rendimiento de grano, siendo actualmente la principal limitante del cultivo. Hasta hace pocos años solo se conocía su presencia en Asia (Medio oriente y subcontinente Indio) y en el este de África, pero recientemente se ha presentado en México, Argentina y Australia (Figueroa, 2005).

Esta nueva enfermedad ha sido común en los ciclos pasados y actualmente se le encuentra en cártamos desde las primeras etapas de desarrollo y a niveles de severidad que ha obligado a los productores a iniciar aplicaciones tempranas de fungicidas. Debido a la agresividad de la falsa cenicilla durante el ciclo 2003-

04 en el Sur de Sonora la pérdida en producción se estimó en 55%, lo que representó una reducción de 133 mil toneladas con un valor de 440 millones de pesos; de tal manera que esta enfermedad se presenta como una amenaza potencial que puede limitar la producción y supervivencia de ese cultivo, debido a que cuando es favorecida por las condiciones ambientales y falta de control puede reducir el rendimiento hasta en un 100% (Lope y Ochoa, 2007).

Los reportes que se encontraron sobre *Ramularia carthami* en el cultivo del cártamo son escasos y con poca información, estos se citan a continuación: Ashri (1961), consignó al hongo *Ramularia carthamicola*, como causante de una mancha foliar en cártamo en Israel, reportó que las lesiones fueron circulares de alrededor de 1 cm. de diámetro y de color café con masas densas de color blanco correspondientes a conidióforos y conidios en ambos lados de las hojas. Hussain (1981), consignó que la mancha foliar del cártamo ocasionada por *Ramularia* sp es una de las principales enfermedades en Pakistán. Karve *et. al.* (1981), reportaron en la India que el cultivo del cártamo fue afectado por las siguientes enfermedades: tizón foliar (*Alternaria carthami*); mancha foliar (*Cercospora carthami* y *Ramularia carthami*); cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*); marchitez (*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia bataticola* y *Rhizoctonia solani*). Ramírez (2002), en una evaluación de fungicidas para el control de roya y falsa cenicilla, en cártamo sembrado a finales del mes de enero y sin riegos de auxilio y en el cual la roya predominó en un inicio sobre falsa cenicilla, encontró los mejores resultados de control con las aplicaciones de azoxystrobin y propiconazole (Fundación Produce, 2007).

Síntomas. Los síntomas que presenta son lesiones de color café de forma circular a irregulares, de 3 a 10 mm de diámetro en ambos lados de las hojas y brácteas de las flores, lo que da como resultado que las plantas se atrofien y su producción se reduzca. Las manchas en las hojas causadas por este patógeno son circulares y regulares. Éstas se caracterizan por una densa masa blanquecina originada por las fructificaciones del hongo (esporas) en el centro, las cuales se hacen notorios cuando la hoja se coloca para su observación en el ángulo apropiado. Cuando las manchas se secan, se observa una coloración café en los márgenes. El tamaño de las manchas es variable y puede alcanzar un radio de más de 5 mm (Lope y Ochoa, 2005).

Ciclo de la enfermedad. El inicio de la enfermedad ocurre en el tercio inferior de la planta y el avance es ascendente y muy rápido debido a que el período desde que el hongo penetra hasta que se observan los primeros síntomas no rebasa los 10 días, de tal manera que cuando se observan los primeros síntomas, el hongo ya ha infectado las hojas superiores y la manifestación de los síntomas se desarrolla en cadena. Esta enfermedad ataca a todas las variedades comerciales y se presenta en todas las fechas y densidades de siembra recomendadas (Lope y Ochoa, 2005).

Ramularia carthami Zaprom fue identificada en base a la morfología de sus estructuras reproductivas que colonizaron a las hojas. Presenta conidioforos hialinos, delgados y aseptados (2.6 a 4.3 x 28.8 a 72 μ m). Los conidios son

hialinos, lisos, de forma cilíndrica a fusiforme (7.2 a 12 x 19.2 a 40.8 μm), de 1 a 3 septas o raramente aseptados con cadenas cortas o solitarias (Hostert, 2006).

Control. En los suelos con alta retención de humedad, suficiente para completar el ciclo normal de la planta, es necesario evitar los riegos de auxilio, ya que éstos crean un microclima de alta humedad ambiental que induce a una mayor incidencia de la cenicilla. La aplicación de fungicidas preventivos se debe realizar antes de que se observen los primeros síntomas al final de la etapa de roseta e inicio de elongación del tallo y cuando se presenten condiciones de alta humedad ambiental con mancozeb (3 l/ha de Dithane-FMB) y chlorotalonil (2 l/ha de Cheyene-720 F) (Lope y Ochoa, 2007).

Los mismos autores señalan que las aplicaciones curativas se deben de iniciar al observarse el primer síntoma de la enfermedad en el tercio inferior de la planta. Los productos que han registrado la mayor eficacia son: tebuconazole (500 ml/ha de Folicur 250 EW), epoxiconazol (1 L/ha de Opus), kresoxim-metil (200 g/ha de Stroby DF), difenoconazole (500 ml/ha de SICO), trifloxistrobin (120 g/ha de Flint), propiconazol (500 ml/ha de Tilt 250 CE) y carbendazim (500 ml de Derosal 500 D). Si la fecha de siembra utilizada es temprana, y la presencia de la enfermedad también es temprana, normalmente se necesitan hasta tres aplicaciones de productos fungicidas curativos, para obtener rendimientos superiores a las tres toneladas por hectárea.

2.12.3.11.- Tizón foliar (*Alternaria carthami* Corda)

Dominio: Eucariota; Reino: Eumycota; Phylum: Ascomycota; Clase: Ascomycetes; Subclase: Dothideomycetidae; Orden: Pleosporales; Familia: Pleosporaceae; Género: *Lewia* (*Alternaria*)

Historia. El género *Alternaria* fue descrito por Nees en 1817 con *Alternaria tenuis* como tipo. Sin embargo, el concepto actual del género quedó establecido hasta 1933 (Romero, 1988).

Importancia. El tizón del cártamo causado por *Alternaria carthami*, puede causar severos daños al cártamo en todo el ciclo de crecimiento de la planta. Esta enfermedad se reportó por primera vez en 1960, en el cual se observó una reducción considerable en el rendimiento hasta de un 100% (García, 1980).

Síntomas. Produce manchas foliares, tizones, pudriciones de frutos, ahogamiento de plántulas, pudriciones del cuello y pudriciones del tubérculo de hortalizas y flores (Agrios, 1991).

La infección de la hoja se caracteriza por presentar pequeños puntos de color café de aproximadamente media pulgada de diámetro los cuales pueden coalescer y destruir a la hoja completa. Las lesiones presentan un patrón característico de anillos concéntricos. A menudo las lesiones inician en las hojas bajas y de ahí se diseminan hacia las hojas superiores. El desarrollo de la enfermedad en las estaciones tardías causa Infección de las hojas y brácteas de las flores. Si la infección se presenta en la cabezuela, se pueden observar

áreas con una coloración café en la parte final de la semilla y se decoloran, por lo que su rendimiento y el contenido de aceite se reducen (Mendoza y López, 1983).

Si la cubierta de la semilla es infectada, los síntomas aparecen después sobre los cotiledones de las plántulas como manchas cafés mayores de 5 mm de diámetro. Cuando se presenta infectando el tallo de plántulas emergidas aparece una decoloración café justo arriba del punto de desarrollo de las hojas, algunos tallos infectados pueden sufrir colapso completo. Las lesiones en las plántulas usualmente no son importantes (López, 1985).

Ciclo de vida y epidemiología. La enfermedad es favorecida por humedad ambiental de 80 y 100%, y temperaturas altas de 28 y 30°C, que originan nublados intensos y prolongados; también se ve favorecida de acuerdo a la duración del período de permanencia de agua libre sobre las hojas, sobre todo si es lo suficientemente prolongado para permitir la germinación de las esporas y las nuevas infecciones (Mendoza y López, 1983).

Estos factores que generalmente se presentan en los campos cuando el cártamo está en su etapa final de floración, fructificación y maduración, permiten que las esporas del patógeno suban de las hojas bajas a las hojas altas, capítulos y brácteas que es donde radica hasta el 70% del rendimiento potencial. Al darse estas condiciones en grado óptimo, los daños son desastrosos. El hongo es diseminado por las esporas desde los cotiledones

enfermos a las hojas de plantas desarrolladas, produciendo los síntomas característicos del tizón. Este está limitado a las hojas hasta que se forman los botones florales. Si ocurre un período húmedo inmediatamente después de la floración, las flores pueden deformarse causando severos daños en el campo. Las plantas dañadas maduran prematuramente y la semilla puede bajar o aumentar volumétricamente y se reduce su contenido de aceite. El hongo produce lesiones hundidas de color café sobre la cubierta de la semilla (López, 1985).

Nyvall en 1979, citado por López (1985), menciona que *Alternaria carthami* ataca a la semilla y sobrevive en residuos de plantas por más de dos años. La dispersión secundaria sucede por conidios diseminados por el viento. El desarrollo de la enfermedad es favorecida por el rocío o lluvia abundantes y temperatura óptima entre 25 y 30°C. El hongo en la semilla puede causar pudrición y damping-off de plántulas.

El estudio de la morfología del agente causal del tizón foliar del cártamo fue hecha por primera vez Chowdhury en 1944, describiendo al micelio de este organismo, septado, constreñido al nivel de las septas, inter e intracelular. Las hifas jóvenes son subhialinas, angostas y poco septadas, pero cuando maduran son frecuentemente septadas, anchas y de color café. Los conidióforos se forman en la porción central muerta de la mancha, son robustos, erectos, rígidos, ramificados, septados y con pequeñas constricciones al nivel de las septas. Estos emergen solos o en grupo, rompiendo la epidermis o a través de

los estomas y son de color café a olivo (excepto la punta que es casi hialina), miden alrededor de 6 a 10 μ de ancho por 15 a 85 μ de largo; el número de septas varía desde 0 a 5 y se nota una cicatriz lateral. A veces se observa una protuberancia esférica en la base del conidióforo. Los conidios son de forma irregular y con un ápice que se adelgaza hacia la punta; los pequeños son aparentemente esféricos y otros elongados, cilíndricos, con terminación redonda, cicatriz terminal definida y frecuentemente en cadenas de un mínimo de dos o más. Los conidios son de color café brillante, translúcidos e independientemente de poseer una célula apical larga o pico, miden de 36 a 171 μ de largo con pico y de 36 a 99 μ sin pico y de 12 a 28 μ de ancho. Los conidios tienen usualmente de 3 a 11 células. El número de septas longitudinales varía de 0 a 6, la célula apical es de un color brillante cerca de la base y casi hialino en el ápice. Cuando estos maduran miden de 15 a 84 μ de largo por 3 a 5 μ de ancho. Algunos conidios no tienen célula apical: la superficie de los conidios es lisa, pero algunas veces muestra apariencia regular (López, 1985).

Zazzerini y Buonauro en 1981, citado por López, 1985, reportan a *Alternaria carthami* y *Alternaria alternata* sobre cártamo por primera vez en Italia, ambos patógenos infectando solo a las hojas. También describieron las características morfológicas de ambas especies, para lo cual hicieron aislamientos de los hongos de manchas foliares necróticas, desinfectándolas previamente por inmersión durante 30 segundos en cloruro de mercurio (Hg Cl_2) y sembrándolas en PDA. Las colonias desarrolladas aparecieron de color olivo oscuro con

esporulación abundante. Los conidios de *Alternaria carthami*, se observaron septados transversalmente y longitudinalmente, con una longitud de 60 a 100 μ . La forma de las esporas de *Alternaria alternata* fue variable y las dimensiones oscilaron entre 16 a 46 μ de longitud por 9 a 14 μ de ancho; además, las esporas presentaron equinulaciones en su superficie.

Narain, (1982); menciona que *Alternaria carthami* Chow, es un patógeno importante del cártamo en la India, el cual causa la mancha de la hoja (López, 1985).

Gil y Melero 1983, citado por López, 1985, en un estudio en España, mencionan que la transmisión de *A. carthami* por semilla es la responsable de los síntomas en estado vegetativo y que todos los cultivares probados fueron susceptibles a los aislamientos obtenidos. Los síntomas provocados por inoculaciones artificiales difieren de los producidos por infecciones bajo condiciones naturales, sugiriendo la posible actividad de un compuesto tóxico. La severidad de las infecciones depende de la concentración de inóculo y de la edad de la planta.

Control. Normalmente los fungicidas de contacto empleados para el control del tizón previenen el desarrollo de la enfermedad. Las condiciones ideales para el inicio de las aplicaciones son cuando coinciden tres factores: presencia de tejidos susceptibles (hojas maduras), presencia de conidios secundarios y, que las condiciones del medio ambiente permitan la dispersión de las conidias y la infección (Mendoza y López, 1983).

En la práctica, el inicio del programa de aplicaciones sería cuando se observen las primeras lesiones de tamaño pequeño poco antes o durante la floración. Dependiendo de la intensidad de la enfermedad, del fungicida en uso y la variedad cultivada, el intervalo entre aplicaciones puede extenderse hasta diez o doce días. El número de aplicaciones varía de cuatro a doce dependiendo de la presión de la enfermedad y de la susceptibilidad de la variedad empleada. Para prevenir esta enfermedad, se sugiere utilizar semilla certificada, no sembrar con altas densidades de semilla y seleccionar variedades altamente tolerantes. Si la planta presenta un 10% de follaje dañado en el tercio superior, se recomienda el uso de fungicida Mancozeb en dosis de 400 gramos de ingrediente activo por hectárea (Lope, 2001).

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en dos fases: la primera de ellas se realizó en el Laboratorio de Hongos Fitopatógenos de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y la segunda fase en el invernadero ubicado dentro de las instalaciones de dicha entidad académica.

3.1. Ubicación de la zona de estudio

Las muestras de plantas que se utilizaron para la realización de esta investigación, fueron hojas de cártamo provenientes de Ciudad Obregón, Sonora, ubicado al sur del estado a 50 km. de la costa del Mar de Cortés y a 115 Km. arriba de la sierra alta, dista 240 Km. de Hermosillo, la capital del estado (Almada, 2000).

Las coordenadas son 27° 29' de latitud norte y 109° 59' de longitud oeste. Con una altura de 40.8 msnm. Al Norte colinda con Suaqui Grande, al Este con Quiriego y Rosario, al Oeste con Guaymas y Bácum, al Sureste con Benito Juárez, Etchojao y Navojoa y su límite natural al Sur es el Golfo de California. La temperatura en invierno fluctúa entre los 5°C mínima y 33°C máxima; durante el verano desde los 29° mínima y 49° máxima. Posee una superficie de 3312 km², que representa el 1.79% del total estatal y 0.17% del nacional (Almada, 2000).

3.2.-Colecta del material

Las muestras de plantas colectadas con síntomas de la enfermedad se obtuvieron de las asociaciones de agricultores de cártamo del Valle del Yaqui, Sonora, las cuales fueron enviadas al Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo con la finalidad de detectar al agente causal.

3.3.- Identificación del hongo

3.3.1.- Procesado del material

Con la ayuda de un microscopio de disección se detectaron las lesiones causadas por hongos para realizar cortes con un bisturí, los síntomas que se tomaron fueron: manchas de color café claro con los centros más oscuros y rodeados por un halo clorótico, dichas lesiones eran de formas irregulares y de tamaño variable, se lavaron dos veces con agua destilada-esterilizada, inmediatamente se sometieron a una solución con hipoclorito de sodio al 1% por un tiempo de 90 segundos. Con el fin de eliminar el exceso de hipoclorito, se procedió a darles dos lavadas con agua destilada-esterilizada para evitar la posible muerte del fitopatógeno, se dejó escurrir en el papel filtro y finalmente se colocaron trocitos de material enfermo en medio de cultivo a base de papa-dextrosa-agar (P.D.A.) y en agar tomate que luego se colocaron bajo la luz para lograr la esporulación del hongo (Romero, 1988).

Cabe mencionar que todo lo anterior se hizo bajo condiciones asépticas. En los medios de cultivo crecieron diferentes colonias, por lo que se procedió a

identificar a los hongos fitopatógenos que eran de importancia agrícola, por medio de montajes en lactofenol y su observación al microscopio compuesto. Cuando se obtuvo la fructificación en los medios de cultivo se tomó parte del micelio para realizar las preparaciones y proceder a la identificación y otra para la purificación. Esta consistió en tomar parte de la misma fructificación del hongo y transferirla a otra caja de petri con medio de cultivo para evitar la contaminación e incrementar el inóculo, que posteriormente sirvieron para las pruebas de patogenicidad en plántulas.

3.3.2.- Purificación

Los hongos que se desarrollaron en el medio de cultivo con características morfológicas de *Alternaria carthami*, fueron transferidas a cajas de petri con medio de cultivo PDA acidificado (ácido láctico al 1%) para evitar el crecimiento de bacterias.

3.3.3.- Técnica de punto de hifa para la obtención de cultivos puros

Esta técnica se llevó a cabo con el objeto de tener cultivos puros con la mayor pureza posible y evitar la mezcla de especies; para lo cual, de las cajas de petri que contenían los hongos puros e identificados y con la ayuda de un microscopio estereoscópico se tomaron puntas de hifas, las cuales fueron transferidas a tubos de ensayo con PDA para inducir su crecimiento. Una vez que el hongo se desarrolló en el medio de cultivo se le adicionó aceite mineral hasta las tres cuartas partes de la capacidad del tubo para evitar cualquier

contaminación exterior. Por último los tubos se sellaron, se etiquetaron y se colocaron en una gradilla (Leyva, 1986).

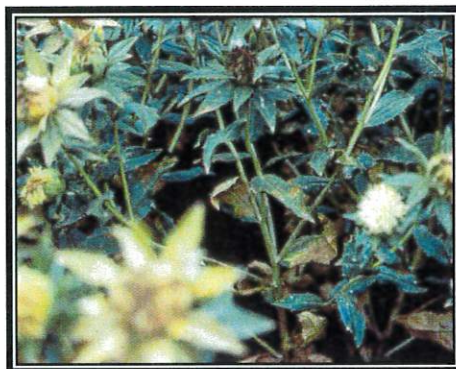


Fig.1. Plantas con síntomas de la enfermedad enviadas por los productores de cártamo del Valle del Yaqui, Sonora.

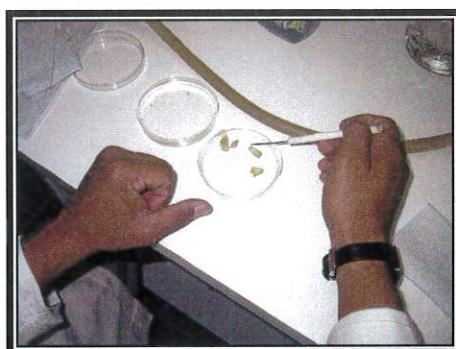


Fig. 2. Aislamiento del patógeno



Fig. 3. Transferencia del cultivo puro a tubos de ensaye.

3.3.4- Pruebas de patogenicidad

3.3.4.1.- Inoculación

Para comprobar que el organismo aislado y purificado es el agente causal del síntoma observado en las hojas de cártamo, se inoculó el hongo en plántulas sanas. Para la preparación del inóculo se utilizaron cultivos con abundante crecimiento micelial, de las cuales se extrajo el contenido de cinco de ellas (PDA mas micelio).

Se preparó una suspensión de conidios colocando la cantidad de las cinco cajas con crecimiento micelial en 100 ml de agua destilada-esterilizada y se licuó durante 10 minutos a media velocidad para lograr una mezcla homogénea y obtener una concentración de 10^6 conidios/ml⁻¹. Posteriormente se le agregó una gota de adherente Tween 20 antes de la inoculación y se vació en un vaso de precipitados de 500 ml. Se asperjó la suspensión a las plántulas y se cubrieron con una bolsa de polietileno húmeda para favorecer el crecimiento del patógeno. Los tratamientos se mantuvieron en condiciones favorables, a temperatura entre los 25 y 30°C para el desarrollo de los hongos, anotando diariamente el crecimiento y vigor de las plantas infectadas. Las plántulas se regaron diariamente a capacidad de campo para darle condiciones óptimas al patógeno.

Las plantas inoculadas se mantuvieron en observación durante los días posteriores a la inoculación, tomando en cuenta la incidencia de la enfermedad: número de plantas con síntomas (corroborando al agente causal), de acuerdo a

la escala de 0 a 6; donde 0 indica plantas sin síntomas y 6 plantas muertas, con lecturas intermedias de 1 a 5 según el porcentaje de daño (Leyva *et al.*, 1987 y Eyal *et al.*, 1987).

3.3.5.- Reaislamiento

El reaislamiento se realizó una vez que las plántulas inoculadas mostraron los síntomas de la enfermedad, se siguió la misma metodología que se utilizó para el primer aislamiento del patógeno.

3.3.6.- Identificación del hongo reislado

Una vez que se realizó el reaislamiento, se compararon las características del crecimiento en el medio de cultivo y las características morfológicas del patógeno con las obtenidas en el aislamiento original.

La identificación del agente causal se realizó utilizando la clave de Barnett y Hunter, (1972) para el nivel de género y para la identificación de la especie se utilizó la clave de Prasada y Prabhu (1962) tomando en cuenta las características morfológicas. Además se tomó en cuenta el color de la colonia, sintomatología, pruebas de patogenicidad y medidas de las estructuras reproductivas del hongo mediante el uso de un micrómetro (Romero, 1988).

3.4.- Localización del experimento

La fase experimental se realizó en el invernadero de hongos fitopatógenos del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

Se estableció durante el período comprendido del 20 de noviembre de 2005 al 20 de marzo de 2006, en el se realizaron las pruebas de patogenicidad. En el experimento se emplearon macetas de plástico de 5 Kg., las cuales se llenaron hasta las $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad con suelo proveniente del monte previamente tratado por vaporización.

3.5.-Diseño y unidad experimental

El diseño experimental usado fue completamente al azar, con cuatro repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por macetas, utilizando 20 unidades experimentales, cada unidad experimental se constituyó de seis plantas. Con los datos de porcentaje de daño foliar obtenidos, se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias con la finalidad de determinar cual variedad presenta menor porcentaje de daño foliar (Steel y Torrie, 1997).

3.6.- Tratamientos

Las variedades que se evaluaron en este estudio fueron: Quilantan 97, San Ignacio 92, Sonora 92, Bacum 92, Sinaloa 90 (descritas en revisión de literatura).

3.7.- Variables de estudio

Se midió el porcentaje de daño foliar utilizando las escalas de Saari y Prescott (1975) y James (1971) citado por Eyal *et al.*, (1987) y Leyva *et. al.*, (1987) respectivamente para manchas foliares.

3.8.- Análisis estadístico

Para la variable evaluada se realizó el análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), con el fin de observar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos, auxiliándose del paquete estadístico SAS versión 9.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el hongo aislado de las plantas de cártamo, se realizaron los Postulados de Koch para obtener la misma sintomatología que presentaron las plantas de donde fue aislado. Este se identificó directamente del material obtenido de campo, debido a que dentro de su sintomatología se observó micelio y/o estructuras reproductivas del hongo con respecto a la sintomatología obtenida del campo.

4.1.- Identificación del hongo

Análisis al microscopio de disección: El material colectado presentó las hojas con manchas pequeñas de color café oscuro y de consistencia húmeda, de forma irregular, rodeados de un halo clorótico (Fig. 4).

Crecimiento micelial: Al sembrarse en el medio PDA y tomate agar, el micelio se mostró de un color verde olivo, con crecimiento radial y rápido (Fig. 5), lo que coincide con Ellis, (1971).

Análisis al microscopio compuesto. Al realizar las preparaciones, el hongo presentó micelio septado, conidióforos y conidios. Los conidiofóros estaban en pequeños grupos o simples; los conidios eran de color café oscuro y con septas transversales, con frecuencia formando cadenas ramificadas, lo cual coincide con Ellis, (1971); Ulloa y Hanlin, (1978) y Alexópoulos y Mims, (1979) (Fig. 6). Los conidios midieron 41.6 μ de longitud y 16.75 μ de ancho (Fig. 7).

4.2.- Pruebas de patogenicidad

Con la finalidad de reproducir los síntomas se realizó una inoculación en las plantas, donde se observó la presencia de hojas con manchas redondas y oscuras, en el centro de la lesión de color más intenso y de aspecto húmedo, generalmente más visibles en las hojas más bajas, lo cual coincide con Agrios, 1991 (Fig.9).

Los síntomas de la enfermedad en las plantas de cártamo se presentaron en la unidad experimental a los 20 días después de la inoculación, en donde se empezaron a observar manchas de formas variadas, presentando en el centro de la lesión anillos concéntricos característicos del tizón foliar, las cuales iniciaron en las hojas más bajas y que paulatinamente fueron creciendo hasta llegar a coalescer. De las hojas bajas atacadas se diseminó la enfermedad a las hojas más altas. Estos resultados coinciden con los reportados por Agrios (1991); García (1980); Romero (1988); Mendoza y López (1983) y López (1985).

En la Figura 10 se puede observar el inicio de la aparición de la enfermedad durante la etapa de crecimiento de la planta, hasta llegar a la floración. La variedad que mostró el menor daño foliar fue Quilantán 97. La variedad más susceptible fue Bacum 92. Las otras 3 variedades se mantuvieron de forma intermedia pero también fueron atacadas por el patógeno. Cabe mencionar que todas las variedades fueron susceptibles al patógeno ya que no existen reportes

de que alguna de estas variedades sea totalmente resistente al ataque por *Alternaria*.

En el Cuadro 4 y en la Gráfica 2, se muestra el porcentaje de daño foliar de cada uno de los tratamientos durante el período de estudio. El menor ($\alpha=0.05$) porcentaje de daño foliar ocurrió en la variedad Quilantán 97, con un 72 %, lo que coincide con los estudios realizados en cártamo, donde se menciona que esta variedad presenta una reacción mínima ante el ataque de *Alternaria carthami* (INIFAP-CIRNO, 2003). La variedad que le siguió fue Sonora 92 con un 80 % de daño foliar. Las variedades San Ignacio 92 y Sinaloa 90 presentaron un daño foliar del 87.5%. El mayor ($\alpha=0.05$) porcentaje de daño foliar se presentó en la variedad Bacum 92 ya que presentó un 92.5% de daño; esta variedad fue la mas susceptible. Al hacer la prueba de comparación de medias se obtuvo que si hubo diferencia significativa entre los tratamientos. No se tienen citas bibliográficas en relación al comportamiento de las variedades al ataque de *Alternaria carthami*.

Confrontación de características: Una vez que los síntomas fueron observados en las plantas y el crecimiento de la colonia en PDA, al observarse al microscopio compuesto y al compararlas con las del patógeno aislado a partir de las lesiones desarrolladas en el invernadero, se demostró que se trataba del mismo hongo.

4.3.- Identificación del agente causal

La identificación del agente causal se llevó a cabo mediante la observación de las características morfológicas y culturales, corroborando con los aislamientos obtenidos del laboratorio. La identificación se realizó en el microscopio compuesto.

Las características del hongo causante, de las manchas foliares, demuestran que se trata de *Alternaria carthami* (Fig. 8). Los conidios midieron $41.6\ \mu$ de longitud y $16.75\ \mu$ de ancho (Fig. 7). Este hongo es de gran importancia, ya que se encontró en todas las plantas con síntomas, lo anterior coincide con lo señalado por Barnett y Hunter, (1972) y Prasada y Prabhu, (1962).



Fig. 4. Hojas con manchas pequeñas de color café oscuro y de consistencia húmeda, de forma irregular, rodeados de un halo clorótico, donde se realizó el aislamiento del hongo.

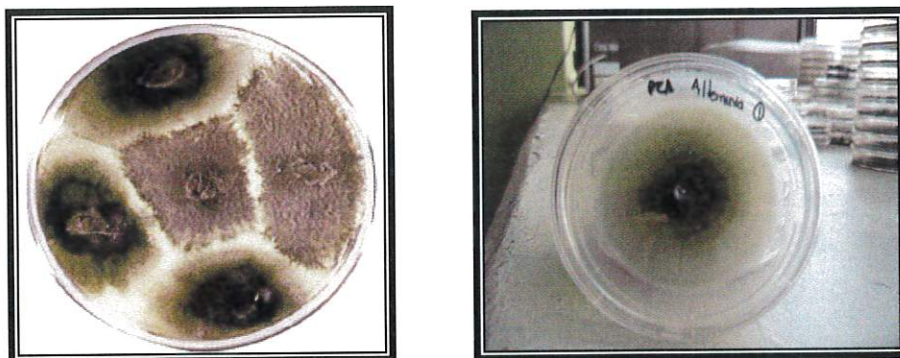


Fig. 5. Crecimiento micelial del hongo aislado.

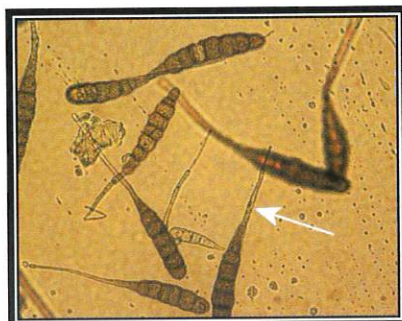


Fig. 6. Conidios del primer aislamiento

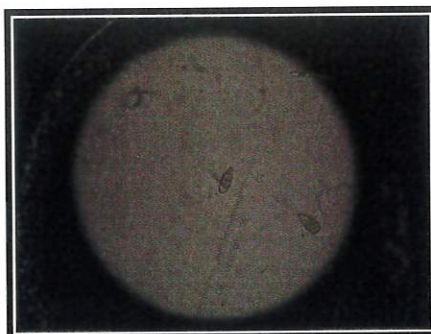


Fig. 7. Toma de la medida de los conidios

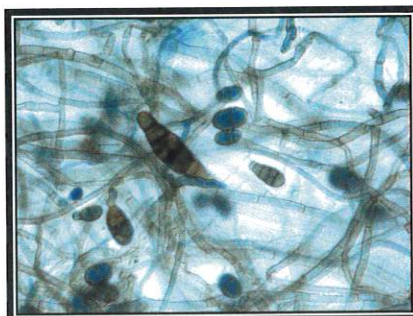


Fig. 8. Identificación del agente causal (*Alternaria carthami*).



A. Quilantán 97



B. Sonora 92



C. San Ignacio 92



D. Sinaloa 90



E. Bacum 92

Fig. 9. Variedades de cártamo con síntomas del tizón foliar causado por *Alternaria carthami*.

5.- CONCLUSIONES

En base a las condiciones en que se llevó a cabo la presente investigación y a la metodología empleada, se establece lo siguiente:

- ◆ Se identificó al hongo *Alternaria carthami*, como causante del tizón foliar del cártamo, debido a que se presentó atacando a todas las plantas de cártamo.
- ◆ La variedad de cártamo que mostró más resistencia fue Quilantán 97.
- ◆ Las variedades más susceptibles fueron Bacum 92 y San Ignacio 92.
- ◆ *Alternaria carthami*, es un hongo muy importante ya que su ataque inicia en las hojas más bajas.
- ◆ Esta investigación sienta las bases para realizar estudios posteriores sobre la importancia del cultivo y del patógeno.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- AACREA, 2004. Cártamo: Agroalimentos Argentinos II. www.aacrea.org.ar
- Agrios, G. N. 1991. Manual de las enfermedades de las plantas. Tomo 2. Ciencia y Tecnología, S. A. México
- Alexópoulos, C. J y Ch. W. Mims. 1979. Introductory Mycology. JOHN WILEY y SONS. New York.
- Almada, I. 2000. Breve historia de Sonora. Fondo de Cultura Económica.
- ASA.1998. Asociación Americana de Soya. Producción de manteca y margarina. México. Folleto informativo desplegable. 1p.
- Bayer, 2007. Bayer CropScience S.A. www.bayercropscience.cl
- Barnett, H. L. y B. B. Hunter. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company. Third Edition. 241 páginas.
- Beech, D. F. 1969. Safflower. Sobretiro reimpresso de: *Field Crop Abstracts* 22 (2): 107-117.
- Benito, E. P; M. Arranz y A. P. Eslava. 2000. Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. Revista Iberoamericana de Micología. Area de Genética, Departamento de Microbiología y Genética, Universidad de Salamanca, España. www.reviberoammicol.com/2000-17/S43S46.pdf
- Blaker, N. S. and J. D. MacDonald. 1981. Predisposing effect of soil moisture extremes on the susceptibility of rhododendron to *Phytophthora* root and crown rot. *Phytopathology* 71:831-834.
- Blanco, L. M. A; E. F. López J. y C. Moreno M. 2003. La verticilosis del olivo. Departamento de agronomía, Universidad de Córdoba. <http://www.agroinformacion.com/leer-articulo.aspx?not=248>
- Borbón, G. A. 2007. Como afectan los niveles de humedad y las fechas de siembra en la incidencia de la falsa cenicilla en el cultivo de cártamo en el Sur de Sonora. Maestría en Ciencias agropecuarias. Ciudad Obregón Sonora, Méx. <http://betoborbon.blogspot.com>.
- Browne, G. T. and M. A. Viveros. 1999. Lethal cankers caused by *Phytophthora* spp. In almond scions: Specific etiology and potential inoculum sources. *Plant Disease* 83:739-745.

- Cabello, T. y Barranco, P. 1995. Prácticas de entomología agrícola. Universidad de Almería. Almería. 149 p. www.infoagro.com.
- Carrillo, L. 2003. Los hongos de los alimentos y forrajes. Universidad Nacional de Salta. www.unsa.edu.ar/matbib/hongos/06htextofusarios.pdf
- Couoh, E. J. C. 2000. Evaluación de variedades oleicas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en el sur de Tamaulipas. Tesis profesional. Departamento de fitotecnia. Universidad autónoma chapingo. 56 p
- DANAC, 2006. Plagas Agrícolas de Venezuela: Artrópodos y vertebrados. Sociedad Venezolana de Entomología. www.danac.org.ve
- Domínguez, F. 1993. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 821pp. www.infoagro.com/abonos/botrytis.asp
- Domsch, K. H.; W. Gams and T. H. Anderson. 1980. Compendium of soil funge. Vol 1 Academic press. 859 pp.
- Duncan, J. M. and D. M. Kennedy. 1989. The effect of waterlogging on *Phytophthora* root rot of red raspberry. *Plant Pathology* 38:161-168.
- Ellis, B. M. 1971. Dematiaceos myphomycetes. Common Naalth Mycological Institute. England.
- Eyal Z.; A. L. Scharen and J. M. Prescott. 1987. The Septoria Diseases of Wheat, concepts and methods of disease management. CIMMYT. México, D. F. 46 pp.
- FAUBA, 2002. *Carthamus tinctorius*. Universidad de Buenos Aires. www.agro.uba.ar
- Figueroa, L. P. 2005. Desarrollo de una técnica de inoculación y determinación del período de latencia de *Ramularia spp.*, agente causal de la falsa cenicilla en cártamo. Memoria del XXXII Congreso Nacional de Fitopatología, Chihuahua, México.
- France, I. A. 2001. Pudrición Húmeda del espárrago. *Revista Tattersall* No. 168. www.tattersall.cl
- Fundación Produce Sonora, 2007. Manejo integrado de falsa cenicilla en el cultivo de cártamo en el sur de Sonora. www.sifp.org.mx/RELOAD/02.extenso/reporteprintigral.php?sproyid=26-2005-1244&EtapaID=2006
- García, E. R. S. 1980. Control químico del tizón foliar del cártamo (*Alternaria carthami*). Centro de Investigaciones agrícolas del Valle del Fuerte.

- Garduño, S. S. 2002. Aceite de cártamo oleico, importante alternativa para la producción y consumo de aceites más saludables. Revista ANIAME. Ed. Asociación Nacional de Industriales de l aceite y manteca comestible, A. C. México. P 4-12.
- González, P. 2007. Enfermedades del tomate. Cátedra de Fitopatología. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Graham, H. J. 1979. A compendium of alfalfa diseases. American Phytopathological Society. 65 pp.
- Hostert, N. D. 2006. First Report of *Ramularia carthami*, Causal Agent of Ramularia Leaf Spot of Safflower, in California. Department of Plant Pathology, University of California, Plant Dis. 90:1260, 2006.
<http://www.apsnet.org/pd/searchnotes/2006/PD-90-1260C.asp>
- INIFAP, 2007. Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas. El pulgón verde en *Carthamus tinctorius* L. www.oleaginosas.org
- INIFAP-CIRNO, 2003. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola para el Área de Influencia del Campo Experimental Valle del Fuerte 2003. Campo Experimental Valle del Fuerte, Sinaloa. Agenda Técnica, Sexta Edición. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 208 p.
www.fps.org.mx/imagenes/tecnologica/valle_fuerte/riego/pdf/cartamo.pdf
- Jarvis, W. R. 1977. Botryotinia and Botrytis species. Taxonomy and pathogenicity. Can. Dep. Agric. Monogr 15, Harrow, Ontario, Canada.
<http://www.reviberoammicol.com/2000-17/S43S46.pdf>
- Jefferson, P. G and B. D. Gossen. 2002. Irrigation increases *Verticillium* wilt incidence in a susceptible alfalfa cultivar. *Plant Disease* 86:588-592.
- Kaffka, S. R. and T. E Kearney. 1998. Safflower Production in California. Universidad de California, USA.
<http://agric.ucdavis.edu/crops/oilseed/saff6soil.htm>
- Kaffka, S. R., T. E Kearney, P. D. Knowles and M. D. Miller. 2000. Safflower production in California.
<http://agric.ucdavis.edu/crops/oilseed/saff6soil.htm>
- Kuan, T. L. and D. C. Erwin. 1980. Predisposition effect of water saturation of soil on Phytophthora root rot of alfalfa. *Phytopathology* 70:981-986.
- Latorre, B. A. 1995. Enfermedades de las Plantas Cultivadas. 4ª Ed. Edición Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 629 pp.

- Latorre, B. A., C. Alvarez and O. K. Ribeiro. 1991. Phytophthora root of kiwifruit in Chile. *Plant Disease* 75:949-952.
- Leyva, M. S. G. 1986. *Verticillium albo-atrum* causante del marchitamiento de la alfalfa en el Valle de México. *Revista Mexicana de fitopatología*. 5:9-12.
- Leyva, M. G.; Tlapal, B y A. Castro L. 1987. Distribución, incidencia y daños de la marchitez de la alfalfa *Verticillium albo-atrum* R y B en el Valle de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 5:13-16.
- Lope, M. C. 2001. Guía para producir cártamo en Sonora. Investigador del programa de Cártamo. CEVY-CIRNO.
www.agronet.com.mx/cgi/articles.cgi
- Lope, M. C. y B. Ochoa F. 2005. Manejo de falsa cenicilla de cártamo. Investigadores del programa de Cártamo. Fundación PRODUCE, Sinaloa.
www.fps.org.mx/imagenes/principal/33_fps_falsa_cenicilla.php
- Lope, M. C. y B. Ochoa F. 2007. Manejo de falsa cenicilla de cártamo. Investigadores del programa de Cártamo. Fundación PRODUCE, Sinaloa. www.fps.org.mx/imagenes/principal/33_fps_falsa_cenicilla.php
- López, C. J. A. 1985. Etiología del tizón foliar del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) y búsqueda de fuentes de resistencia. Tesis Profesional. Colegio de Posgraduados.
- Medina, O., A. González A.; D. González R. y C. Ruiz J. A. 2001. Guía para producir cártamo en el centro y sur de Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. SAGARPA, México. 12 p.
- Mendoza, Z. C. y A. G. López F. 1983. Guía para la Identificación de Hongos Fitopatógenos en campo y laboratorio. Departamento de Parasitología agrícola. Universidad Autónoma Chapingo.
- Mircetich, S. M. and H. L. Keil. 1970. *Phytophthora cinnamomi* root rot and stem canker of peach trees. *Phytopathology* 60:1376-1382.
- Mondino, P. 2006. Podredumbre blanda *Sclerotinia sclerotiorum*.. Facultad de agronomía. Uruguay. 158p.
www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Sclerotinia_lechuga.htm
- Montoya, C. L. y B. Ochoa, F. 2003. Guía para producir cártamo en el sur de Sonora. Folleto para productores No. 37. INIFAP-CIRNO. CD. Obregón Sonora pp:18, 19 Investigadores del programa de Cártamo.
http://www.fps.org.mx/imagenes/principal/33_fps_falsa_cenicilla.php

- Ortega, R. C. y B. Ochoa R. 2003. El cártamo, una oleaginosa para el mercado de exportación. Revista mensual. Pp1-16.
www.kleinvie.com.ar/cartamo.htm
- Ochoa, E. X. M. 2007. Influencia de las condiciones climáticas sobre la presencia de cenicilla en cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) en México. Universidad de Sonora. Maestría en Ciencias Agropecuarias.
- Palacios, S. J. E. 1990. Respuesta del cultivo de cártamo a diferentes niveles de salinidad en el suelo en el Valle del Mayo, Son. Avances de la Investigación-CIANO N° 27. O-I 1989-1990. pp. 95-96
- Paredes y Ordoica, 1986. http://www.oleaginosas.org/cat_60.shtml
- Pennypacker, B. W.; K. T Leath y R. R. Hill Jr. 1991. Impact of drought stress on the expression of resistance to *Verticillium albo-atrum* in alfalfa. *Phytopathology* 81:1014-1024.
- Pérez, F. J. y M. Corró A. 2003. Efectos de los fungicidas curasemillas y fechas de siembra sobre el "mildíu del girasol" causado por *Plasmopora halstedii* (farl.). Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, Argentina.
www.inta.gov.ar/anguil/info/boletines/bol77/cap16.pdf.
- Prasada, R y A. Prabhu S. 1962. Leaf blight of wheat caused by a new species of *Alternaria*. *Indian Phytopathology* 15:292-293.
- Robles, S. R. 1980. Cultivo del cártamo. Producción de oleaginosas y textiles. Editorial LIMUSA. México. P 331-391.
- Robles, S. R. 1991. Producción de oleaginosas y textiles. 3ª edición. Ed. Limusa. México. 684 p.
- Romero, C. S. 1988. Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo.
- Rossini, M. y S. Di Masi. 1996. Las Podredumbres Radicales en el Alto Valle de Río Negro y Neuquen. Estación Experimenta Agropecuaria Alto Valle, INTA, Río Negro, Argentina. 14 pp.
- SAGARPA, 2007. Las Tendencias de Desarrollo de la Producción Agrícola.
www.sagarpa.gob.mx/dlg/sonora/agricultura/index.htm
- SAGARPA. www.sagarpa.gob.mx
- SENASA, 2005. Tizón foliar bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*). Buenos Aires, Argentina. www.senasa.gov.ar

- Steel, G. D. R y J. H. Torrie. 1997. Bioestadística Principios y Procedimientos. 2ª. Ed. Edit. McGraw-Hill. México. 622 p.
- Torres, G. C. 2004. Producción, Rentabilidad y Sostentabilidad del Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en el municipio de Jamay, Jalisco. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ulloa, M y R. T. Hanlin 1978. Atlas de micología Básica. Concepto. S. A. México, D. F.
- Wilcox, W. F. 1992. Phytophthora Root and Crown Rots. In: Tree Fruits Crops. Cornell Cooperative Extension. *Disease Identification*, sheet No 7. 2pp.
- Wilcox, W. F. and M. A. Ellis. 1989. Phytophthora rot and crown rots of peach trees in the eastern Great Lakes region. *Plant Disease* 73:794-798.
- Wilcox, W. F. y B. Latorre A. 1994. Pudrición radical y del cuello en frutales causada por *Phytophthora*. *Áconex* 43:5-11
- Wilcox, W. F. and Mircetich S. M. 1985. Effects of flooding duration on the development of *Phytophthora* root and crown rots of cherry. *Phytopathology* 75:1451-1455.

7.- APENCICE

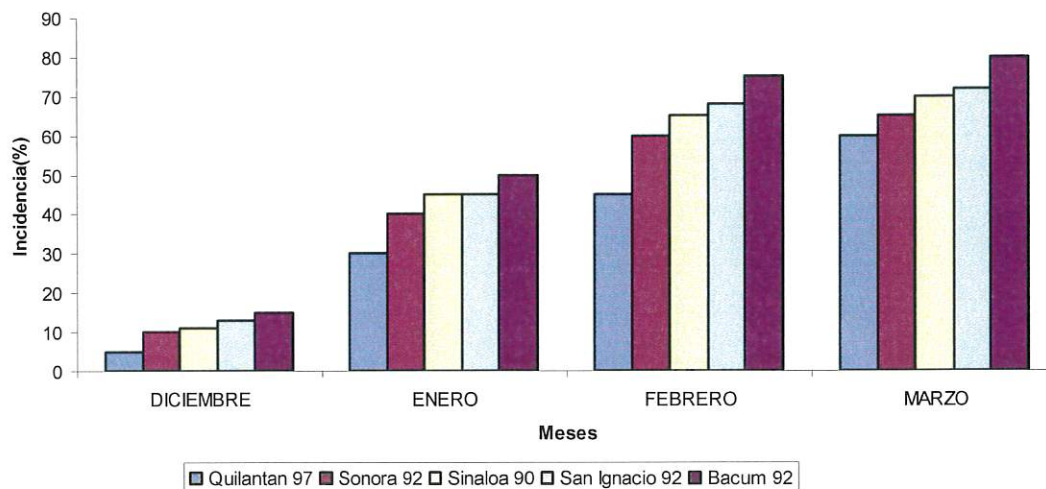


Figura 10. Desarrollo de la enfermedad durante los meses del experimento.

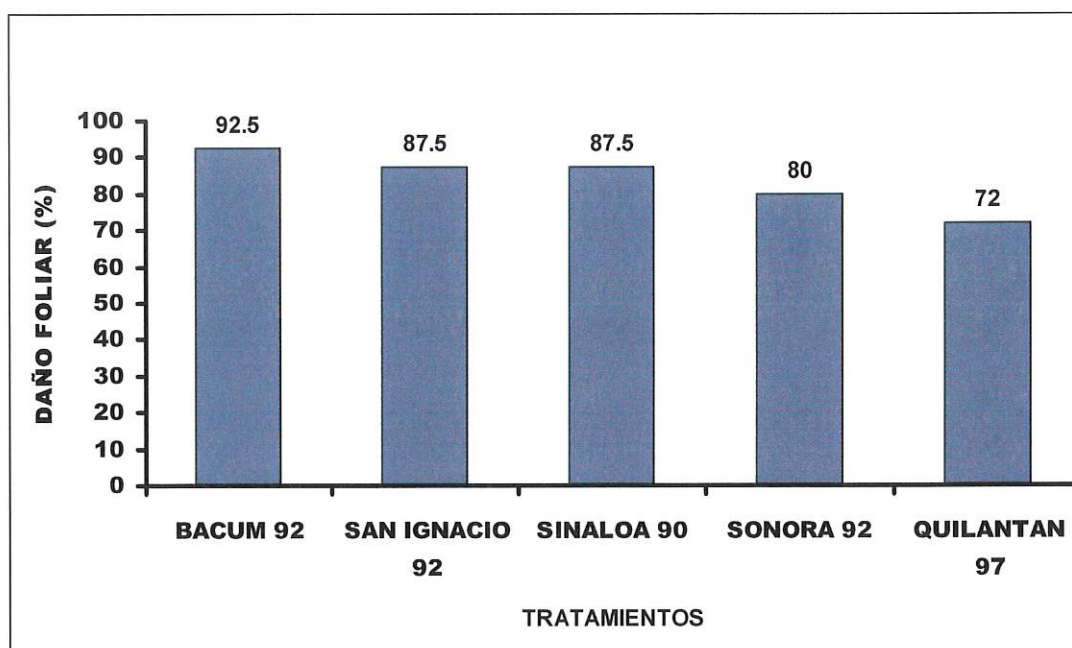


Figura 11. Resultados del análisis de varianza, para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 4. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) en la evaluación para la variable daño foliar en las plantas de cártamo, en Chapingo, Méx. 2005.

TRATAMIENTO	MEDIA	TUKEY ($\alpha = 0.05$)
BACUM 92	92.500	A
SAN IGNACIO 92	87.500	A
SINALOA 90	87.500	A
SONORA 92	80.000	AB
QUILANTAN 97	72.000	B

Medias con la misma literal no difieren estadísticamente.