

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES Y AGROPECUARIAS



Influencia de fechas de siembra en el rendimiento y en la incidencia de falsa cenicilla en cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en el sur de Sonora.

TESIS

Alberto Borbón Gracia

Santa Ana, Sonora

Diciembre de 2009

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Influencia de fechas de siembra en el rendimiento y en la incidencia de falsa cenicilla en
cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en el sur de Sonora

TESIS DE MAESTRIA

Sometida a consideración del Departamento
de Administración Agropecuaria

de la

División de Ciencias Administrativas, Contables y Agropecuarias
de la Universidad de Sonora

por

Alberto Borbón Gracia

Como requisito parcial para obtener el grado

de

Maestro en Ciencias Agropecuarias

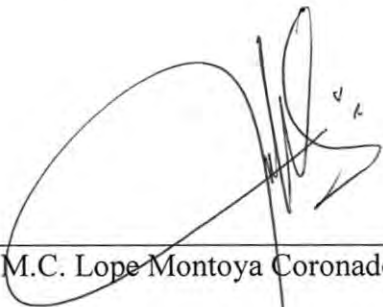
Santa Ana, Sonora


Diciembre de 2009

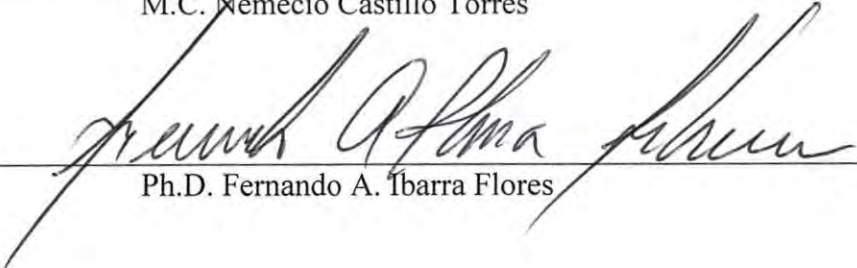
ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ TUTORIAL, APROBADA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMITÉ TUTORIAL:

DIRECTOR: 
M.C. Lope Montoya Coronado

ASESOR: 
M.C. Nemecio Castillo Torres

ASESOR: 
Ph.D. Fernando A. Ibarra Flores

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, por su acertada decisión de llevar a cabo el presente programa de Maestría en Ciencias, gracias por la oportunidad brindada.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; por su apoyo y las facilidades brindadas en la realización de este trabajo, muchas gracias.

Al M.C. Lope Montoya Coronado, por ser mi director de tesis, por su enorme dedicación y apoyo en la realización de este trabajo, que además de ser un excelente investigador, es un gran amigo, para el mis respetos y muchas gracias.

A mis asesores (revisores) de tesis, el M.C. Nemeccio Castillo Torres muchas gracias por su valiosa ayuda en la revisión de mi tesis, además quiero agradecerle muy en particular su interés en que yo cursara un nivel de maestría.

A mis maestros, quienes con su experiencia y dedicación contribuyeron al enriquecimiento del programa, en el transcurso de la carrera.

A mis amigos, por todos los momentos que pasamos juntos, por la ayuda brindada y por que de cada uno de ustedes aprendí algo diferente, de corazón muchas gracias.

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en el camino del bien, por haberme permitido llegar a donde siempre soñé, por no dejarme solo en los momentos difíciles y siempre encontrar una solución a los problemas, por eso y más siempre vivirás en mi corazón.

A mis padres Juan Ramón Borbón Parra y María Elena Gracia Ruiz, por todos los valores inculcados, por su incondicional apoyo moral y económico, que son quienes me han iluminado el camino del bien para mi y mis seres queridos.

A mis hermanos María del Rosario Borbón Gracia, Francisca Borbón Gracia y Juan Ramón Borbón Gracia, con cariño y admiración muchas gracias por todo su apoyo.

A mi esposa Ana Lucila y mis hijos Juan Antonio y Abril, por todo ese tiempo que hemos invertido, y por sus muestras solidarias y de aliento para salir adelante.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen.....	4
Importancia.....	4
Clasificación taxonómica.....	5
Morfología y descripción de la planta.....	5
Roseta.....	6
Ramificación.....	6
Floración.....	6
Madurez fisiológica.....	7
Fruto.....	8
Usos.....	9
Suelos.....	10
Fertilización.....	10
Malezas.....	11
Fechas de siembra.....	12
Variedades.....	14
Riegos.....	15
Enfermedades.....	16
Cosecha.....	21
MATERIAL Y MÉTODOS.....	22

Ubicación del experimento.....	22
Preparación del terreno.....	22
Manejo agronómico.....	23
VARIABLES EVALUADAS.....	25
Diseño experimental.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
Altura de planta.....	28
Floración.....	30
Madurez fisiológica.....	30
Enfermedades.....	33
Contenido de aceite.....	38
Rendimiento de grano.....	41
Condiciones ambientales.....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Cantidad de nitrógeno (kg/ha) para fertilizar cártamo en función a la rotación de cultivo y tipo de suelo.....	11
Cuadro 2. Comparación de la composición típica de los ácidos grasos en variedades oleicas y linoleicas.....	15
Cuadro 3. Días de aplicación de riegos de auxilio para las diferentes fechas de siembra en cártamo, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	25
Cuadro 4. Porcentaje de aceite de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) promedio de seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	41
Cuadro 5. Rendimiento promedio de grano (kg/ha) de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Síntomas primarios de la falsa cenicilla (<i>Ramularia carthami</i> Z.) en el cultivo de cártamo	18
Figura 2.	Forma en que se realizó la siembra de cártamo en el campo.....	24
Figura 3.	Altura de planta (cm) de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006/2007.....	29
Figura 4.	Días a inicio de floración de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	31
Figura 5.	Días a madurez fisiológica de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	32
Figura 6.	Capítulo de cártamo con cero daño de falsa cenicilla (<i>Ramularia carthami</i> Z.).....	34
Figura 7.	Capítulo de cártamo con 100 % de daño de falsa cenicilla (<i>Ramularia carthami</i> Z.).....	35
Figura 8.	Condiciones ambientales que se presentaron durante el ciclo otoño-invierno 2006-2007 en el Valle del Yaqui, Sonora, México.....	36
Figura 9.	Incidencia de cenicilla (<i>Ramularia carthami</i> Z.) (0-10) en dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007....	37
Figura 10.	Incidencia de roya (<i>Puccinia carthami</i> C.) (0-10) en dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	39
Figura 11.	Porcentaje de aceite en promedio de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	40
Figura 12.	Porcentaje de aceite de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	42

Figura 13.	Rendimiento promedio de grano (kg/ha) de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.), S-518 y CW-99 en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	44
Figura 14.	Rendimiento de grano (kg/ha) de dos variedades de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	45
Figura 15.	Rendimiento de grano (kg/ha) de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) con la variedad CW-99 en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	47
Figura 16.	Rendimiento de grano (kg/ha) de cártamo (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) con la variedad S-518 en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.....	48

RESUMEN

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es una planta oleaginosa conocida también como alazor, azafrán bastardo, azafrancillo, azafrán romí, kusum, honghua y safflower, originaria de la India. A nivel mundial, la India con el 32% es el país de mayor producción de cártamo para aceite, el segundo país productor es México con el 22% y al igual que Estados Unidos de América con el 15% que es el tercer productor, la mayor parte de su producción se exportan a Japón y Europa. El rendimiento medio mundial de esta oleaginosa para el período 2000-2004, fue de 770 kg/ha. En México se registraron 1,600 kg/ha, siendo el mayor rendimiento promedio para este período, seguido por Estados Unidos con 1,500 kg/ha e India con 480 kg/ha. Los principales productores de cártamo en México son los estados de: Sinaloa, Sonora, Baja California, Región lagunera (Coahuila y Durango), Tamaulipas, Jalisco, Guanajuato y otros. Durante el ciclo 2003-04, en México se cosecharon 208,000 ha con un rendimiento medio de 1.03 ton/ha. En el sur de Sonora se establecieron 90,000 ha, que representaron el 40 % del área nacional sembrada. En el estado de Sonora, existen condiciones de clima y suelo en las cuales el cultivo de cártamo se puede cultivar eficientemente durante el ciclo otoño-invierno. Los principales factores que afectan el rendimiento de esta oleaginosa son atribuibles principalmente a la enfermedad falsa cenicilla, plagas, maleza, prácticas de cultivo inadecuadas y a las fechas de siembra. El objetivo del presente trabajo fue determinar la fecha de siembra para obtener los mejores rendimientos, con el menor índice de enfermedad de la falsa cenicilla, disminuyendo de manera indirecta la aplicación de productos químicos, y con ello hacer de este cultivo uno de los de mas alta rentabilidad. El presente trabajo se realizó en el interior de las instalaciones del campo experimental Valle del Yaqui en el ciclo otoño-invierno 2006-2007. Las camas de siembra fueron cuatro surcos de 100 m de largo con una

separación de 80 cm, para cada variedad y en cada fecha de siembra. La fertilización fue de 100-52-00 unidades de N-P-K por hectárea, los cuales se aplicaron antes del primer rastreo. La siembra se realizó en seco de forma manual, dejando alrededor de 15 plantas por metro lineal. Las fechas de siembra fueron en los días: 15 de noviembre, 30 de noviembre, 15 de diciembre, 2 de enero, 15 de enero y 31 de enero. Las variedades utilizadas fueron S-518 y CW-99. A los 35 días después de la siembra se les dio un cultivo y posteriormente un deshierbe manual. A cada fecha de siembra se le dió el riego de nacencia y tres riegos de auxilio. Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, además los parámetros de las enfermedades roya de la hoja y falsa cenicilla que se midieron en forma visual en un rango de 0 a 10, donde 0 es totalmente tolerante y 10 es totalmente susceptible, porcentaje de aceite y finalmente el rendimiento de grano. El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas, donde la parcela grande fueron las fechas de siembra y la parcela chica fueron las variedades. La parcela experimental constó de 4 surcos de 100 m de longitud (320 m²) y la útil fueron los 2 surcos centrales de 4 m de longitud (6.4 m²) con 8 repeticiones. A cada muestra se le determinó el porcentaje de aceite y rendimiento en kg/ha, el cual se analizó como parcelas divididas ($P \leq 0.05$) con el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León. La fecha de siembra optima que se recomienda para el cultivo de cártamo en el sur de Sonora es la primera quincena de diciembre y la variedad comercial que más se siembra es la S-518, por tal motivo se tomó como testigo la segunda fecha de siembra que corresponde a la del 30 de noviembre con la variedad S-518. En cuanto a la altura de planta los análisis estadísticos mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo estadísticamente mas alta la variedad CW-99 que la S-518, con alrededor de 10 a 15 cm en todas las fechas de siembra. Con lo que respecta a la falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Z.), se tiene que en la primera F.S. (15

de noviembre) no se presentó dicha enfermedad, en la segunda y tercera fecha (30 de noviembre y 15 de diciembre) se comenzaron a observar los primeros síntomas de la enfermedad, en estas dos fechas, la variedad menos dañada estadísticamente ($P \leq 0.05$) fue la S-518 con un valor de dos, por un daño de 4 que presentó la variedad CW-99, en el resto de las F.S. ambas variedades presentaron el mismo daño, siendo éste en forma ascendente, es decir, entre mas se retardó la siembra fue mayor el porcentaje de daño que presentó el cultivo, el cual fue de 5, 6 y 7 para la cuarta, quinta y sexta F.S., respectivamente. En cuanto a la incidencia de la roya de la hoja (*Puccinia carthami* C.), esta enfermedad se presentó en todas las F.S., y en cada una de ellas se detectó mas presencia en la variedad S-518, aunque no afectando de manera significativa el rendimiento. En el porcentaje de aceite, la variedad CW-99 con 39.35 fue estadísticamente superior ($P \leq 0.05$) a la variedad S-518 que presentó 38.47. Con respecto a rendimiento de grano, el análisis estadístico encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre F.S. con un coeficiente de variación de 12.0%. Con el rendimiento promedio de las dos variedades, se tiene que estadísticamente la mejor F.S. fue la primera (15 de noviembre) con un rendimiento de 2,397 kg/ha, seguida por la segunda (30 de noviembre) que rindió 1,837 kg/ha. El resto de las F.S. quedaron en el siguiente orden; sexta (31 de enero), quinta (15 de enero), tercera (15 de diciembre) y cuarta (2 de enero). Haciendo una comparación entre variedades, en cada una de las F.S., se tiene que la variedad CW-99 fue estadísticamente superior a la variedad S-518 en la primera (15 de noviembre), quinta (15 de enero) y última F.S. (31 de enero), mientras que la variedad S-518 fue estadísticamente superior a la variedad CW-99 únicamente en la segunda F.S. (30 de noviembre).

ABSTRACT

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a plant known as safflower oil, saffron bastard, azafrancillo, saffron Romi, Kusum, and safflower honghua, originally from India. Globally, India with 32% of the country it is the major producer of safflower oil, the second largest producer in Mexico is 22% and like the United States of America with 15% which is the third largest producer, the Most of its production is exported to Japan and Europe. The average yield of the global oilseed for 2000-2004 was 770 kg/ha. In Mexico, there were 1,600 kg/ha, with the largest yield for this period, followed by the United States with 1,500 kg/ha and India with 480 kg/ha. The major producers of safflower in México are the states of: Sinaloa, Sonora, Baja California, Region Lagunera (Coahuila and Durango), Tamaulipas, Jalisco, Guanajuato and others. During the 2003-04 cycle, in México were harvested 208,000 ha with an average yield of 1.03 ton/ha. In southern Sonora established 90,000 hectares were sowed, accounting for 40% of the national area sown. In the state of Sonora, there are climate and soil conditions in which the cultivation of safflower can grow efficiently during the autumn-winter cycle. The main factors affecting the performance of this oil is mostly attributable to the false mildew, pests, weeds, inappropriate farming practices and planting dates. Hence the objective of this work is to determine the date of sowing (FS) to get the best yields, with the lowest rate of the false mildew, lowering an indirect application of chemicals, and thus make this cultivation of one of the highest profitability. This work was done inside the premises of the experimental field in the Valle del Yaqui cycle autumn-winter 2006-2007. The seed beds were four rows of 100 m long with a separation of 80 cm for each variety in each planting date. Fertilization was 100-52-00 N-P-K units per hectare, which were implemented before the first crawl. The seeding was done by hand dry, it was thrown about 25 seeds per meter, post-sowing irrigation was

given nacencia with a layer of 15 cm. When the plant had a height of 15 cm were manually thinning to leave 15 plants per meter. The planting dates were the days: November 15, November 30, December 15, January 2, January 15 and January 31. The varieties used were S-518 and CW-99. At 35 days after sowing were given a crop and then a manual weeding. Was conducted in a pre-application of herbicide Trifluralin at a dose of 2 l/ha to control weeds, there were no applications of chemicals for pest and disease are left to thrive in measuring the impact and see if it affected the performance. Each sowing date was given for irrigation and three irrigation Nacencia distress in the first stage of branching, the second in the stage of formation of flower buds and the third at the beginning of flowering. The variables measured were the field days to flowering, days to physiological maturity, plant height, plus the parameters of disease and leaf rust were found false cenicilla in visual form in a range of 0 to 10, where 0 is completely tolerant and 10 is completely susceptible, percentage of oil and finally grain yield. The experimental design was split plot, with a large plot of sowing date and the small varieties. The plot consisted of 4 rows of 100 m long (320 m²) and the useful plants were 2 rows of 4 m long (6.4 m²) with 8 repetitions. The samples were harvested by hand and were beaten with a stationary harvester type coach. It was subsequently determined the percentage of oil and yield in kg/ha, which was analyzed as a split plot ($P \leq 0.05$) with the program at the Autonomous University of Nuevo Leon. The optimum planting date is recommended for growing safflower in southern Sonora is the first half of December and the commercial variety most widely planted is the S-518, for this reason was taken as witness the second planting date corresponding to November 30 with the S-518. As for the plant height statistical analysis showed significant difference ($P \leq 0.05$), being statistically higher range CW-99 that the S-518, with about 10 to 15 cm in all planting dates. Both varieties reached highest in the early

planting dates. With regard to the false cenicilla (*Ramularia carthami* Z.), which is the first FS (November 15) that disease is not present in the second and third date (November 30 and December 15) began to observe the first symptoms of the disease in these two dates, the variety statistically less damaged ($P \leq 0.05$) was the S-518 with a value of two, for a damage of 4 to present the variety CW-99 in the rest of the FS Both varieties had the same damage, and is in ascending order, that is, the more will delay sowing was higher percentage of damage that made the crop, which was 5, 6 and 7 for the fourth, fifth and sixth FS respectively. Regarding the incidence of leaf rust (*Puccinia carthami* C.), this disease is present in all FS, and in each one of them is detected presence in the range S-518, although not significantly affected the performance as it found little presence in the upper third of the plant. In the percentage of oil, variety CW-99 with 39.35 was statistically superior ($P \leq 0.05$) in the range S-518 which presented 38.47. With respect to grain yield, the analysis found statistically significant difference ($P \leq 0.05$) between F.S. with a coefficient of variation of 12.0%. With the average yield of two varieties, is statistically the best FS was the first (November 15) with a yield of 2397 kg/ha, followed by the second (November 30) that yielded 1837 kg/ha. The rest of the F.S. were in the following order, sixth (January 31), fifth (January 15), third (December 15) and fourth (January 2). Making a comparison between varieties in each of the SS, is that the variety CW-99 was statistically higher than the range S-518 in the first (November 15), fifth (January 15) and last FS (January 31), while the range S-518 was statistically superior to the CW-99 range in the second only FS (November 30).

INTRODUCCIÓN

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es una planta oleaginosa originaria de la India 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 4,000 años de antigüedad y su uso fue reportado en China hace aproximadamente 2,200 años.

A nivel mundial, la India con el 32% representa el país de mayor producción de cártamo para aceite, pero la mayoría de su producción es para consumo interno. El segundo país productor es México con el 22% y Estados Unidos de América con el 15% ocupa el tercer lugar, la mayor parte de su producción la exportan a Japón y Europa. Los reportes mundiales indican que en el año de 1999 la superficie cultivada de cártamo fue de 1.08 millones de hectáreas, lo que representó un descenso del 0.6% con relación a 1998. Sin embargo, debido a que el promedio de rendimiento fue de 900 kg/ha, 0.9% por arriba del nivel observado en 1998, la producción mundial de cártamo presentó un repunte durante 1999, ubicándose en 970,000 toneladas, contra las 967,400 toneladas del año anterior.

La superficie mundial sembrada en el 2004 fue de 720 mil ha, mientras que el promedio registrado en el período comprendido por los años 1994 y 2004 fue de 941 mil ha. En los años sesenta se incrementó el área sembrada hasta llegar a un máximo durante la década del '80, donde se registró un promedio de 1.3 millones de ha y luego comenzó a descender hasta llegar a los valores actuales. India es el país con mayor superficie implantada con 348 mil ha en el 2004, reduciéndose esta superficie en un 20% en los últimos cinco años. México lideró la producción mundial durante los años 2003 y 2004, aunque el área sembrada de este país fue menor que el de la India. Los rendimientos por hectárea fueron considerablemente mayores, lo que explica la mayor producción total.

El rendimiento medio mundial de esta oleaginosa para el período 2000-2004, fue de 770 kg/ha, en México se registraron 1,600 kg/ha, siendo el mayor rendimiento promedio para este período, seguido por Estados Unidos con 1,500 kg/ha e India con 480 kg/ha.

Un factor de gran importancia que ha influido sobre todo en el rendimiento y la sanidad del cultivo, es el problema fitosanitario, 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.

Durante el ciclo Otoño-Invierno 2000-2001 en el sur de Sonora, apareció una nueva enfermedad poco conocida en el mundo, causando daños cuantiosos en esta región. Por los síntomas típicos se le denominó falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Z.). Durante este mismo ciclo, esta enfermedad causó en promedio en el sur de Sonora el 36.4% de pérdidas en rendimiento de grano en 27,000 ha de cártamo; pero en algunos casos este daño llegó hasta el 90%.

El cártamo 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.

Por mucho tiempo en las áreas de siembra del país, predominaron las variedades que contaban con un mayor contenido de ácido linoleico; sin embargo, en los últimos años, el mercado mundial ha estado demandando el aceite con mayores contenidos de ácido oleico, por lo que los agricultores necesitan tener y conocer más de estas variedades. En México, existe un déficit de más de 5.0 millones de toneladas en producción de oleaginosas, por lo cual es necesario importar de otros países estos granos con la consecuente fuga de divisas. En el estado de Sonora, existen condiciones de clima y suelo en las cuales el cultivo de

cártamo se puede cultivar eficientemente durante el ciclo otoño-invierno. Se tiene registrado que en algunas áreas, este cultivo puede alcanzar rendimientos comercialmente aceptables con bajos volúmenes de agua que es uno de los factores que más afectan al establecimiento de los cultivos en las áreas de riego. Los principales sistemas de producción que se utilizan en Sonora son de riego como primer cultivo y con humedad residual después de maíz y hortalizas.

Los principales factores que afectan el rendimiento de esta oleaginosa son atribuibles a factores abióticos y bióticos; dentro de los bióticos están las plagas y/o enfermedades, los cuales son bacterias, virus, microplasmas y hongos. Dentro de los hongos figuran aquellos que son parásitos obligados como son las cenicillas. Dentro de las cenicillas está la falsa cenicilla que es la principal enfermedad que ataca al cultivo de cártamo en el noroeste de México. Además de esta enfermedad también se encuentran otros factores como son, plagas, maleza, prácticas de cultivo inadecuadas y las fechas de siembra.

La hipótesis del estudio es que si se adelanta la fecha de siembra del cultivo de cártamo al mes de noviembre se tendrá una baja incidencia de la enfermedad sin afectar de manera significativa el rendimiento. El objetivo de este trabajo fue determinar la fecha de siembra en donde se obtengan los mejores rendimientos, con el menor índice de la falsa cenicilla, disminuyendo de manera indirecta la aplicación de productos químicos y con ello hacer de este cultivo uno de los de más alta rentabilidad.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen.

Vavilov (1949), estableció tres principales centros de origen del cultivo de cártamo, el primero en la India, el segundo en el área Irano-Afganistana y el último en Etiopía, según la teoría de los centros primarios de origen de las plantas cultivadas emitidas por dicho autor. También se considera como probables centros primarios y secundarios respectivamente a Abisinia y la India (Robles, 1980). Por otra parte se menciona que por la antigüedad de su cultivo en la India y en las regiones orientales Africanas, se cree que sea originario de los países intermedios entre la India y el África oriental (Mazzani, 1963).

Importancia.

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es una de las fuentes de aceite comestible más apreciadas por los consumidores, debido a la excelente calidad de su aceite, el cual, no se oxida fácilmente ni causa problemas de colesterol en la sangre. Además, el aceptable contenido de proteína de la pasta residual del cártamo, convierten a ésta en un importante subproducto para la elaboración de alimentos balanceados para el ganado (García, 1998).

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 ciclo de verano en una menor superficie bajo temporal. Durante el ciclo 2003-04, en México se cosecharon 208,000 ha con un rendimiento medio de 1.03 ton/ha. En el sur de Sonora se establecieron 90,000 ha, que representaron el 40 % del área nacional, (Montoya y Ochoa, 2006). Durante los ciclos 2006-07 y 2007-08, se sembró un área nacional de cártamo de 92,000 y 86,200 ha respectivamente con un rendimiento medio nacional de 1.2 ton/ha, (SAGARPA, 2008). De

los cuales, en el estado de Sonora se sembró el 29% del área nacional con un rendimiento medio en los dos ciclos agrícolas de dos toneladas por hectárea en su mayoría bajo condiciones de riego (SAGARPA, 2008).

A nivel nacional se produjeron en el ciclo 2007-2008 un total de 103,440 toneladas, lo que significa una derrama económica de \$217,200,000.00, mientras que en el estado de Sonora se cosecharon 172,400 toneladas en ese mismo ciclo, dejando con ello una derrama económica de \$862,000,000.00 (SAGARPA, 2008).

Clasificación taxonómica.

Robles (1980), reporta que el cártamo, presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Sub-división	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Sub-clase	Dicotyledoneae
Familia	Compositae
Sub-familia	Carduceae/ tubiloflora
Tribu	Cynereae
Genero	Carthamus
Especie	tinctorius
Sub-especie	Inermis, typicus

Morfología y descripción de la planta.

El cártamo es miembro de la familia Compositae. La planta es anual con raíz pivotante, su tallo es erecto, ligeramente pubescente ó glabro, sólido y ramificado. El

número de ramas varía de acuerdo al genotipo y a la densidad de siembra. El tipo de germinación es epigea, es decir que los cotiledones salen al emerger del suelo. El hipocotilo al emerger es verde amarillento ó incoloro, es glabro y cilíndrico (Robles, 1980).

Roseta.

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”. Las hojas en esta etapa son sin espinas, grandes y ovaladas o alargadas con color verde intenso y glabras. Permanecen en semilatenencia por aproximadamente un mes cuando las temperaturas son bajas de 10 a 15 °C, y menor tiempo cuando las temperaturas son altas de 25 a 30 °C. En esta misma etapa se lleva a cabo el crecimiento rápido de la raíz, la cual empieza a profundizar en búsqueda de humedad. Posteriormente, empieza la elongación del tallo y la ramificación, presentando las hojas más cortas, ovaladas, aserradas y con dentaduras coreáceas que terminan en pequeñas espinas (Li y Mündel, 1996).

Ramificación.

El inicio de la ramificación ocurre cuando la temperatura y la longitud del día se empiezan a incrementar, notándose un crecimiento rápido, cuando la planta tiene alrededor de 30 cm. de altura se forma la primera ramificación, a partir de esta se inicia el resto de las ramificaciones donde cada una termina en una flor o capítulo, cada ramificación puede producir de una a cinco flores.

Floración.

Las inflorescencias son capítulos no caducos localizados en la terminación de las ramas. Son esferoides revestidos por brácteas puntiagudas y coreáceas; las brácteas son

consistentes y sirven como protección natural. Las florecillas son en cantidades variables pero alrededor de 50. Los pétalos pueden ser de color amarillo, anaranjado, rojo y blanco-cremoso cuando están frescas. Al secarse, las flores amarillas pueden permanecer amarillas ó tornarse anaranjadas y las anaranjadas pueden permanecer anaranjadas ó tornarse de color rojo; en las de color rojo y blanco, no se han observado cambios de color al secarse. La corola es pentámera, el androceo cuenta con cinco estambres soldados en el ápice formando un cilindro hueco por el que pasa el estilo filiforme terminando éste en el estigma (Kaffka *et al.*, 2000). El ovario contiene un solo óvulo (Robles, 1980).

Madurez fisiológica.

El cártamo llega a esta etapa aproximadamente a los 20 a 30 días después del término de la floración, aproximadamente a los 145 días después de la siembra; se caracteriza porque las hojas, tallos y las brácteas de los capítulos se tornan de color café, en esta etapa, las plantas están secas pero no quebradizas, y las semillas se desprenden fácilmente de las cabezas o capítulos, cuando se presionan entre los dedos de la mano.

La altura de planta puede variar de 40 cm hasta 2.0 m dependiendo de la fecha de siembra y de la densidad de población. Fechas de siembra tarde y bajas poblaciones reducen la altura de planta, el número de ramas dependerá de la densidad de población utilizada, de la fecha de siembra y de otros factores como la humedad del suelo, etc., posteriormente, se pueden llegar a formar ramas secundarias y terciarias. Se recomienda sembrar alrededor de 16 plantas por metro cuadrado en fechas de siembra tempranas y 24 plantas por m² en fechas de siembra tardías (Montoya *et al.*, 2008).

El ángulo de ramificación con respecto al tallo puede variar de 30 a 70°. Este grado es controlado genética y ambientalmente. Posteriormente, se inicia la formación de botones

florales y después la floración. Esta se inicia en los botones de las ramas primarias, después en los de las secundarias y así sucesivamente. Dependiendo de la ubicación en la planta, del manejo del cultivo y de las condiciones ambientales entre otros, el número de semillas puede variar de de 20 a 100 en cada capítulo, las primeras flores que abren y son polinizadas son las situadas en la periferia y después las del centro de la inflorescencia. (Kaffka *et al.*, 2000).

Fruto.

El fruto es un aquenio de color blanco ó cremoso, glabro surcado por 4 aristas. El vilano es corto y no persistente. El pericarpio está algo adherido al embrión y el tegumento es liso. La semilla para germinar requiere temperaturas mayores de 4 °C, con temperaturas del suelo de 15 a 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 periodo de 4 a 5 semanas si la siembra se realiza en fecha óptima. El fruto ó aquenio maduro de las variedades más comunes está constituido por un 33-60% de cáscara y 40-60% de almendra. Los contenidos de aceite pueden variar de 20 a más de 45% en la semilla. La selección para altos contenidos de aceite en la semilla de las nuevas variedades ha reducido el grosor de la testa o pericarpio. Una semilla individual alcanza su madurez fisiológica alrededor de 25 días después de iniciada la floración.

Existen genotipos con alto porcentaje de autofecundación (95%). La mayoría de los genotipos cultivados presentan de 40 a 75%. Las variedades cultivadas en México andan en alrededor del 85 a 90%. Las abejas son los principales medios de la polinización cruzada (Muñoz, 1977). 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).

Ashri *et al.* (1974), realizaron un trabajo en la Facultad de Agricultura, Rehovot, Israel, donde evaluaron un total de 903 variedades de cártamo para observar que factor tiene mas influencia en el rendimiento de cártamo como son: número de cabezas por planta, número de semillas por cabeza y el peso de la semilla. Como resultado obtuvieron que el factor que más altera el rendimiento del cártamo viene siendo el número de cabezas por planta.

Usos.

Antiguamente su planta tierna y semillas se utilizaban para alimentar ganado y como colorantes, actualmente, su mayor importancia es por el contenido de aceite en la semilla. La calidad del aceite de cártamo estriba en los altos porcentajes de ácidos grasos oléico y linoléico presentes.

Comercialmente existen variedades altas en ácido linoléico que se utilizan para el consumo humano y en la industria en la elaboración de jabón y como agente secante que evita que se tornen amarillos en pinturas y barnices, etc., y otras altas en ácido oleico, las cuales se utilizan como aderezos en ensaladas y frituras, para cubrir diversos productos comestibles para evitar la absorción y/o pérdida de humedad.

Este cultivo también es usado en la elaboración de cosméticos ya que no es alergénico, en medicamentos y en la formulación de alimentos de infantes. Se reporta que estos ácidos son altamente benéficos para los humanos ya que el consumo de este tipo de aceite en la alimentación ayuda a reducir los niveles de colesterol de la sangre (Berglund, *et al.*, 1998).

Suelos.

Los mejores rendimientos de cártamo se obtienen en suelos profundos, fértiles y bien drenados. Los suelos de las clases I y II son en los que se obtienen los mejores rendimientos, que corresponde a suelos de aluvión y francos, mientras que en los de clase III y IV, que corresponden a suelos arcillosos y de barrial, se presentan problemas con pudriciones de raíz y limitaciones en la humedad disponible (Kaffka *et al.*, 2000).

Los suelos mas adecuados para la producción de cártamo son los de textura franca y de aluvión en los cuales la raíz logra una mejor penetración y exploración del perfil del suelo, y por lo tanto, mayor aprovechamiento de agua y nutrimentos. Este cultivo también se desarrolla bien en suelos arcillosos o de barrial, sin embargo, por características de estos suelos se debe tener mucho cuidado en el uso y manejo del agua de riego, así como con la fecha de siembra (Montoya y Ochoa, 2006).

Fertilización.

En condiciones de baja fertilidad natural, el suelo no proporciona los nutrientes suficientes para lograr un rendimiento satisfactorio de los cultivos. Por lo tanto, es necesario suplementar las deficiencias de nutrientes propios del suelo por medio de un suministro de fertilizantes químicos (Orozco, 1997). La fertilización, es una práctica necesaria en el cultivo del cártamo. La cantidad de nitrógeno sugerida, se estima en función del periodo de descanso después del cultivo anterior, de la rotación de cultivos, de las expectativas de rendimiento y del tipo de suelo (Montoya *et al.*, 2008). Una aproximación razonable que resume la información disponible, se presenta en el Cuadro 1.

Nasr *et al.* (1978), mencionan que el cártamo requiere mínimo 75 kg de nitrógeno por hectárea para obtener la calidad de aceite y proteína requerida. También mencionan que

en trabajos realizados en el Líbano, aplicaciones de nitrógeno mayores a 150 kg/ha no aumentan el rendimiento de grano ni la calidad de aceite, contrario a lo que mencionan Yermanos *et al.* (1964), que la fertilización nitrogenada aumenta el rendimiento de grano pero disminuye el contenido de aceite en la semilla.

Cuadro 1. Cantidad de nitrógeno (kg/ha) para fertilizar cártamo en función a la rotación de cultivo y tipo de suelo.

Cultivo anterior	a. ligero b. pedregoso	barrial compactado	a. pesado b. profundo
Algodonero	120	160	180
Trigo	85	110	120
Cártamo	95	120	120
Maíz	120	120	145

a= aluvión; b=barrial

Malezas.

El cultivo de 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 de cártamo crece muy lentamente y permanece en estado de roseta por varios días, en este período el cultivo es extremadamente susceptible a la competencia de la maleza, la cual puede ocasionar una reducción hasta de un 65% del rendimiento (Montoya *et al.*, 2008).

Para evitar dicha reducción es conveniente realizar medidas de control de maleza durante los 60 días posteriores a la emergencia del cultivo, fecha que se ha determinado como el período crítico de competencia maleza-cártamo. Las malezas más importante en este cultivo son el girasol (*Heliantus annus* L.), mostaza (*Brassica campestris* L.), (*Malva parviflora* L.), mostacilla (*Sisimbrium irio* L.), alpistillo (*Phalaris* spp.), avena silvestre (*Avena fatua* L.), correhuela (*Convolvulus arvensis* L.) y zacate Jonson (*Sorghum halepense* L.) (Contreras y Tamayo, 1999).

Fechas de siembra.

Yau (2007), menciona que en Asia Occidental y África del norte las fechas de siembra de principios del invierno y durante este, (noviembre, diciembre y enero) presentan mejores rendimientos de grano que las siembras de finales de invierno y principios de la primavera (febrero y marzo), por otra parte, Alessi *et al.* (1981), mencionan que una investigación realizada en Dacota del Norte, mostró que para obtener los mejores rendimientos de cártamo bajo condiciones de temporal es necesario sembrar entre el 20 de abril y el 20 de mayo.

La fecha de siembra del cultivo de cártamo en México varía de acuerdo a la localidad. Sin embargo, todas ellas caen dentro del ciclo que se le conoce como de otoño-invierno. A nivel nacional su siembra se realiza desde el primero de noviembre en las áreas de temporal hasta finales del mes de marzo en las áreas de riego. Para las áreas de riego la F.S. óptima es todo el mes de diciembre (Montoya y Ochoa, 2006).

Para el Estado de Sonora, en suelos de barrial arcilloso, la siembra se debe realizar en fecha temprana (15 de noviembre al 15 de enero), mientras que en suelo de aluvión, se debe de sembrar en fecha más tarde (15 de diciembre al 31 de enero), debido a que por ser

áreas bajas del estado, existen condiciones climáticas menos extremosas y alto nivel del manto freático, consideradas como favorables para el desarrollo y producción de este cultivo (Montoya y Ochoa, 2006), así mismo, (García, 1998) afirma que en las áreas de riego del Valle de Culiacán las fechas óptimas de siembra están comprendidas entre el 1 y el 15 de noviembre, pero se puede sembrar con resultados favorables hasta el 31 de diciembre. El periodo de siembra que se establece para el norte de Tamaulipas comprende del 15 de noviembre al 15 de diciembre (Palacios, 1998).

La fecha de siembra es uno de los de los factores de mayor importancia en la producción de cártamo, ya que la oportunidad de la siembra es decisiva para obtener los máximos rendimientos. Cuando el cultivo se siembra en fechas más tempranas que las recomendadas, se exponen más a los daños por heladas; asimismo, desarrollan un área foliar muy exuberante, mayor altura de planta que induce mucho al acame y su ciclo vegetativo se alarga de tal manera que es mayor el número de días que queda expuesta al ataque de diferentes tipos de enfermedades y plagas (Ortega y Montoya 1998).

Por el contrario, cuando se siembra en fechas posteriores a las recomendadas el desarrollo de la planta es muy raquítico, ya que su periodo de roseta se acorta por efecto de las altas temperaturas y baja el número de ramas que darán origen a los capítulos, se reduce el número de capítulos por planta, el número de semillas por capítulo y el peso del grano, y por ende al rendimiento (Deokar *et al.*, 1984), así mismo, la población de plantas disminuye por efecto del daño del barrenador del tallo (*Melanagromyza spp*) (Pacheco, 1994), y el porcentaje de aceite en la semilla también se ve afectado, tal y como lo menciona Yau, (2007) que en Asia Occidental y África del norte las siembras de noviembre, diciembre y enero presentan mayor cantidad de aceite que las siembras de febrero y marzo; en contraste, algunos trabajos desarrollados en Canadá, en los estados de Alberta y Manicota, indican que

el porcentaje de aceite no se ve afectado por la variación en la fecha de siembra (Mundel *et al.*, 1994) y tampoco se ve afectado por las diferentes densidades de población (Gonzales y Schneiter, 1994). Las altas concentraciones salinas en el agua y suelo afectan de manera negativa el porcentaje de aceite (Palacios, 1990).

Es importante mencionar, que por cada día que se retrase la siembra, después de la fecha recomendada, el rendimiento de grano disminuye en promedio de 20 kilogramos por hectárea (Muños, 1977; Musa y Muñoz, 1989; Grageda *et al.*, 1999).

Variedades.

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. Las principales variedades que se recomiendan para el Noroeste de México son: S-518, CW-99 y CW-88 del tipo oleico, mientras que las variedades Bacum'92, S-719 y Sonora'92 son las más recomendadas del tipo linoleico, todas son altamente susceptibles a la falsa cenicilla, y poseen resistencia al acame y desgrane (Montoya *et al.*, 2008).

Las variedades Bacum'92 y S-719 son altamente tolerantes a la roya o chahuixtle y moderadamente tolerantes al tizón de la hoja (*Alternaria carthami* C.); mientras que las variedades oleicas S-518, CW-88 y CW-99 son medianamente tolerantes a la roya y al tizón de la hoja. En el Cuadro 2 se presenta la comparación de la composición de los ácidos grasos en variedades oleicas y linoleicas.

Las variedades linoléicas y oléicas no se deben de mezclar en las siembras, y para evitar posibles cruzamientos, las parcelas deben de estar separadas al menos por 600 m una de otra. (Musa *et al.*, 1990; Chanda *et al.*, 1993; García *et al.*, 1993; Montoya, 1998).

Cuadro 2. Comparación de la composición típica de los ácidos grasos en variedades oleicas y linoleicas.

Características	Linoleicas	Oleicas
Palmitico %	5.0	5.0
Estearico %	5.2	2.0
Oleico %	15.0	77.0
Linoleico %	77.0	15.0
Otros %	0.7	1.3
Índice de yodo	144.0	92.0

Riegos.

El uso y manejo adecuado del agua de riego es un factor determinante para la obtención de buenos rendimientos en cártamo. El número de riegos se determina principalmente, por la textura del suelo, la etapa de desarrollo del cultivo y la profundidad del manto freático (Montoya y Ochoa, 2006).

En suelos pesados se recomienda aplicar cuatro riegos, el riego de presembrado con lámina de 15 cm y tres riegos de auxilio con lámina de 10 cm cada uno (Camarillo, 2006). En suelos de barrial profundo el número total de riegos que se sugiere varía de dos a tres y en suelos de aluvión el número de riegos es de uno a dos, debido a que la raíz penetra con mayor facilidad y el cultivo aprovecha la humedad que aporta el manto freático (Montoya y Ochoa, 2006).

En suelos en los cuales la retención de humedad aprovechable por las plantas es muy baja, el efecto de ésta en la planta se refleja en una reducción del área foliar, de la

altura de la planta, del número de ramas, del número de capítulos y el número de semillas por planta (Hashemi-Desfouli, 1994).

Para obtener los mejores rendimientos de cártamo, es necesario que el terreno no contenga exceso de humedad porque ésta precisamente es la que causa en forma indirecta uno de los problemas principales en cártamo, respecto a que esas condiciones de humedad en el suelo hacen que los fitopatógenos proliferen y en este caso particular, el cártamo tiene en general susceptibilidad a pudriciones radiculares (Robles, 1980).

Por su parte Camarillo (2003), menciona que para lograr que la planta alcance su máximo rendimiento debe vigilarse que no falte humedad durante la germinación de la semilla, la ramificación, formación de botones florales y floración; tal y como lo mencionan Rodríguez *et al.* (2000), que el primer riego de auxilio debe darse alrededor de los 50 días después de la siembra, que coincide con la etapa de ramificación del cultivo, el segundo riego de auxilio se recomienda a los 80 días después de la siembra que es en la etapa de formación de botones florales y finalmente el tercer riego de auxilio lo recomiendan a los 110 días después de la siembra que coincide con la etapa fenológica de inicio de floración.

Trabajos realizados en la Universidad de California demuestran que el cártamo tolera altos índices de salinidad en el agua, y se puede producir de manera aceptable con una conductividad eléctrica de hasta 7.2 (Bassil y Kaffka, 2001).

Enfermedades.

Dentro de las enfermedades que dañan al cultivo con mayor intensidad se encuentran la falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Z.), la roya o chahuixtle (*Puccinia carthami* C.), la pudrición de raíz y la mancha foliar (*Alternaria carthami* C.), de las cuales

la falsa cenicilla causada por el hongo *Ramularia carthami* Z. es la principal enfermedad que afecta al cultivo de cártamo a nivel nacional, la cual se encontró por primera vez en el sur de Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2000/2001 (Montoya *et al.*, 2008), afectando en gran medida al rendimiento del cultivo.

Este hongo sobrevive en el suelo y en restos de la cosecha anterior, en forma de pseudoesclerocios, hasta por un periodo de dos años. Los conidios tardan alrededor de siete horas para mostrar inicios de germinación, bajo condiciones de laboratorio (Figueroa y Montoya, 2005). La humedad relativa superior al 70% y temperaturas entre 5 a 25 °C favorecen la formación de las estructuras reproductivas del patógeno (Pérez *et al.*, 2004), por su parte Armenta *et al.* (2005), mencionan que no se encontró relación entre las temperaturas mínimas y la presencia de la enfermedad, en cambio precipitaciones en un mes de 33-47 mm y 20-30 días mensuales con humedad relativa mayor a 90% resultaron optimas para el desarrollo de la falsa cenicilla en el cultivo de cártamo desde etapas tempranas de desarrollo del cultivo.

Esta enfermedad se manifiesta en las hojas como manchas circulares hasta de 1 cm de diámetro de color café claro con aspecto blanquecino, que corresponde a las esporas hialinas y generalmente bicelulares del hongo *Ramularia carthami* Z. (Ramírez, 2006). Generalmente, inicia en el estrato inferior de la planta (Figura 1), aunque puede manifestarse en cualquier parte de la misma. Se observa infectando hojas, pecíolos, brácteas y algunas partes del tallo.

Inicialmente se presentan como manchas pequeñas de forma circular, de color blanco cremoso, conforme avanza su desarrollo, aparece un halo clorótico que posteriormente se hace amarillo, y el tejido del centro de la lesión adquiere un color café claro u oscuro (Pérez *et al.*, 2004).



Figura 1. Síntomas primarios de la falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Z.) en el cultivo de cártamo.

Por otra parte, Montoya y Ochoa (2006), mencionan que 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, a su vez Wong *et al.*, (2005) mencionan que el período en que el hongo penetra hasta que se observan los primeros síntomas rebasa los 15 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.

Para el control de la enfermedad Ramírez 2006, menciona que los niveles de severidad para iniciar las aplicaciones de fungicidas contra la falsa cenicilla deben ser menores a 1.3 % de follaje dañado en el tercio superior durante la etapa de ramificación del cultivo. El inicio de las aplicaciones con el 14.5 % de severidad ocasionada por falsa cenicilla en el tercio superior, ocasiona una pérdida de 0.5 ton/ha en el rendimiento (Ramírez y Armenta, 2005). Los fungicidas que han registrado un mejor control según (Montoya y Ochoa, 2006) son: tebuconazole 500 ml/ha, difenoconazole 500 ml/ha, trifloxistrobin 120 gr/ha, propiconazol 500 ml/ha y carbendazim 500 ml/ha.

Por su parte Wong *et al.* (2005), mencionan que los fungicidas preventivos son: mancozeb y chorotaloril, y los curativos: tebuconazole, epoxiconazol, kresoximmetil, difenoconazole, trifloxistrobin y propiconazol. Por otra parte, Ramirez *et al.* (2008) mencionan que para el control de falsa cenicilla en cártamo los mejores resultados se han obtenido con la aplicación de tiofanato metílico, trifloxistrobin, carbendazim y clorotalonil, con los cuales se obtuvieron rendimientos de grano de 3,556, 3,474, 3,413 y 3,366 kg/ha respectivamente.

Si la fecha de siembra es temprana, y la presencia de la enfermedad también, generalmente se necesita hasta tres aplicaciones de fungicidas para obtener rendimientos económicamente aceptables.

Los resultados sugieren que bajo condiciones poco favorables para el desarrollo de la enfermedad, las aplicaciones deben iniciarse cuando se presenten los primeros síntomas (0.5%) en el tercio superior y repetir a intervalos mayores a 15 días, esto con el propósito de obtener una mayor protección del cultivo durante las etapas de formación y llenado de grano (Ramírez y Armenta, 2005).

Trabajos realizados en Israel consistieron en evaluar la reacción a enfermedades de una colección mundial de aproximadamente 2,000 líneas de cártamo, de las cuales obtuvieron que 547 eran resistentes a roya, 30 resultaron resistentes a (*Cercospora carthami*), 919 al moho polvoriento (*Erysiphe cichoracearum*) y solamente 17 líneas fueron resistentes a falsa cenicilla (Ashri, 1971).

El punto de la hoja de falsa cenicilla fue identificado en varios campos de cártamo cerca de Gridley, CA en junio de 2005. Las manchas eran circulares e irregulares de 3 a 10 mm de diámetro de color marrón encontradas en ambos lados de las hojas y brácteas de la flor, reduciendo de manera drástica el rendimiento. Los trabajos realizados en California consistieron en aislar el hongo para reproducirlo, posteriormente se inocularon con el hongo 3 plantas de cártamo bajo condiciones de invernadero con temperaturas que variaron de 20 a 27 °C comparadas con un testigo sin aplicar, al cual se le aplicó solamente agua. Los resultados indicaron que después de 7 días todas las plantas inoculadas desarrollaron síntomas de la enfermedad, no así el testigo sin aplicar (Hostert *et al.*, 2006).

En la India, la enfermedad falsa cenicilla fue observada en 1983 y desde entonces se comenzaron a realizar trabajos para conocer las condiciones que favorecen la reproducción

de este hongo, observando que la alta humedad relativa y temperaturas bajas favorecen el desarrollo de dicha enfermedad. También se realizaron trabajos para tratar de encontrar variedades resistentes a falsa cenicilla en donde de cuatro variedades evaluadas se dieron cuenta que ninguna fue totalmente inmune a este hongo, pero de acuerdo al número y tamaño de lesiones encontraron que la variedad IGFR1-116 resultó sumamente tolerante (Kumar y Joshi, 1995).

Cosecha.

Dependiendo de la fecha de siembra, de la variedad utilizada y de las condiciones ambientales, la cosecha se realiza de los 140 a 170 días después de la siembra. La trilla debe hacerse cuando las brácteas de los capítulos se tornen de color café; en esta etapa, la semilla deberá desprenderse fácilmente del capítulo y contener de 6 a 8% de humedad (Medina *et al.*, 2001).

La trilla del cártamo se realiza con combinada para granos pequeños y los ajustes que deben hacer a la máquina trilladora son los siguientes: la velocidad del cilindro debe ser de 760 a 915 rpm, dejando el cilindro y el cóncavo a una separación de 9.5 a 16 milímetros. En ocasiones se puede dejar una sola hilera de cóncavos, finalmente, el aire se debe graduar para obtener grano limpio y reducir al máximo la velocidad del “papalote” (1.25 veces la velocidad de traslocación). Cuando el cártamo esté muy seco, puede quitarse el “papalote” (Montoya, 1998).

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del experimento.

El presente trabajo se realizó dentro las instalaciones del Campo Experimental Valle del Yaqui (CEVY), Centro de Investigación Regional del Noroeste (CIRNO) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) durante el ciclo otoño-invierno 2006-2007, ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora; situado en las coordenadas 26° 45' y 27° 33' Latitud Norte y los meridianos 110° 30' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich a una altura de 38 msnm, el suelo es de textura arcillosa con problemas de compactación y conocido en la región como barrial compactado.

La precipitación promedio al año es de alrededor de 280 mm, y el 75% de la precipitación se presenta en los meses de verano (junio-octubre) y el 25% restantes en los meses de noviembre a marzo. La temperatura promedio anual es de 24 °C y varía de una mínima media anual de 20 °C a una máxima de 31 °C (Jiménez, 1999).

Preparación del terreno.

Para la preparación del terreno se llevó a cabo un cinceleo cruzado a una profundidad de 70 cm con un cincel de tres picos arrastrado por un tractor 6600, posteriormente, se dió un barbecho con un arado de tres discos, dos pasos de rastra de 20 discos, nivelación que se realizó con un tablón y surcado. La cama de siembra se preparó de 100 m de largo con una separación entre surcos de 80 cm. La fertilización fue de 100-52-00 unidades de N-P-K por hectárea, los cuales se aplicaron antes del primer rastreo, en base al tipo de suelo y cultivo anterior, recomendado por Montoya y Ochoa (2006). La siembra se realizó en seco, con una sembradora de embudos experimental, en la cual se siembra de

forma manual al ser arrastrada por un tractor (Figura 2), para lo cual se ocuparon 4 personas que tiraron alrededor de 25 semillas por metro lineal.

Cuando la planta tenía una altura de 15 cm se aclaró manualmente para dejar 15 plantas por metro lineal, de acuerdo a resultados sugeridos por Montoya y Ochoa (2006). Las fechas de siembra fueron en los días 15 de noviembre, 30 de noviembre y 15 de diciembre de 2006, 2 de enero, 15 de enero y 31 de enero de 2007. Se utilizaron dos variedades comerciales en cada fecha de siembra del tipo oleicas por ser las que más predominan en la región (S-518 y CW-99) que presentan características similares en cuanto al ciclo, porcentaje de aceite y rendimiento (Montoya y Ochoa, 2006). Como la fecha de siembra optima que se recomienda para el cultivo de cártamo en el sur de Sonora es la primera quincena de diciembre y la variedad comercial que más se siembra es la S-518, se tomó como testigo la segunda fecha de siembra que corresponde a la del 30 de noviembre con la variedad S-518.

Manejo agronómico.

Antes del surcado se realizó una aplicación del herbicida preemergente *Trifluralina* en una dosis de 2 l/ha para el control de maleza de hoja ancha y angosta, con un gasto de agua de 400 l/ha. A los 35 días después de la siembra, se le dió un cultivo mecánico para eliminar maleza y remover un poco el terreno y posteriormente un deshierbe manual para eliminar la maleza que quedó en el lomo del surco donde no entró la cultivadora. No hubo necesidad de hacer aplicaciones para plagas y las enfermedades se dejaron prosperar para medir la incidencia y ver si afectan el rendimiento. A cada fecha de siembra se le dió el riego de nacencia y tres riegos de auxilio, el primero en la etapa de ramificación, el segundo en la etapa de formación de botones florales y el tercero en el inicio de floración



Figura 2. Forma en que se realizó la siembra de cártamo en el campo.

(Camarillo, 2003). Los días a riegos variaron entre fechas de siembra (Cuadro 3), ya que entre la primera y la última fecha varía mucho el ciclo de vida del cultivo y por consecuencia el número de días en presentarse dichas etapas.

Cuadro 3. Días de aplicación de riegos de auxilio para las diferentes fechas de siembra en cártamo, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

Fechas de siembra	1er riego de auxilio	2do riego de auxilio	3er riego de auxilio
Primera	9 de enero	7 de febrero	1 de marzo
Segunda	30 de enero	1 de marzo	23 de marzo
Tercera	7 de febrero	7 de marzo	26 de marzo
Cuarta	23 de febrero	15 de marzo	9 de abril
Quinta	9 de marzo	2 de abril	24 de abril
Sexta	23 de marzo	16 de abril	30 de abril

Variables evaluadas.

Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración que se midieron a partir de la fecha de siembra y hasta que la planta tiene un 5% de floración, días a madurez fisiológica que se midieron a partir de la fecha de siembra y hasta que la planta ha terminado su ciclo reproductivo y el grano entra al estado masoso. La altura de planta se midió en centímetros con una regla métrica en cuatro partes diferentes de la parcela distribuidas al azar cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica.

Las enfermedades roya de la hoja y falsa cenicilla se midieron en forma visual de acuerdo a la metodología utilizada por Mochini y Pérez (1999) para roya de la hoja en trigo dándole un valor de índice de resistencia de 0 a 10 dependiendo del avance de la enfermedad en la planta. La evaluación se hizo en cuatro partes diferentes de la parcela experimental seleccionadas al azar en una escala de 0 a 10, donde 0 es el mínimo de daño y 10 es el máximo daño. La evaluación de las enfermedades se realizó aproximadamente 10 días antes de que el cultivo alcanzara la etapa de madurez fisiológica, dentro de cada fecha de siembra.

Otra de las variables evaluadas fue el porcentaje de aceite de cada una de las variedades en las diferentes fechas de siembra, utilizando un determinador de aceite con infrarrojo marca Foss Tecator, para lo cual se utilizó un tamaño de muestra de 200 g, esto se hizo para todas las fechas de siembra y para las dos variedades. Finalmente, el rendimiento de grano se evaluó al final del ciclo dentro de cada fecha de siembra, pesando la semilla que salió de la parcela útil y extrapolando este peso a kilogramos por hectárea. Las muestras se cosecharon manualmente y fueron trilladas con una cosechadora estacionaria tipo Pullman. Posteriormente, se le determinó el peso hectolítrico por diferencia de peso utilizando un litro de semilla.

Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue el de Parcelas Divididas, siendo la parcela grande la fecha de siembra y la chica las variedades. La parcela experimental constó de 4 surcos de 100 m de longitud (320 m^2) y como parcela útil se cosecharon los 2 surcos centrales de 4 m de longitud (6.4 m^2) con 8 repeticiones.

Las variables evaluadas que se analizaron estadísticamente fueron: altura de planta, roya de la hoja, falsa cenicilla, porcentaje de aceite y rendimiento de grano, las cuales se analizaron a ($P \leq 0.05$) con el programa de la Universidad Autónoma de Nuevo León. (Olivares, 1994). Las variables de floración y madurez fisiológica, fueron las únicas a las que no se les realizaron análisis estadísticos, debido a que se evaluaron solamente una vez en la parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que no existió significancia ($P \geq 0.05$) en la interacción en cuanto al rendimiento de grano entre las fechas de siembra (Factor A) y las variedades evaluadas (Factor B), mientras que en el análisis estadístico si se encontró diferencia altamente significativa entre fechas de siembra y entre las variedades para las diferentes variables evaluadas como son: rendimiento de grano, reacción a falsa cenicilla y reacción a roya de la hoja.

Altura de planta.

Los análisis estadísticos en cuanto a la altura de planta mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 1.49%. Los resultados obtenidos indican que la variedad CW-99 fue estadísticamente más alta que la variedad S-518 en todas las fechas de siembra tal y como se muestra en la Figura 3. Cabe mencionar que el rendimiento no está relacionado con la altura de la planta, lo que más altera el rendimiento es el número de capítulos por planta (Ashri *et al.*, 1974).

En las primeras fechas el cultivo alcanzo mayor altura, esto debido a que las condiciones ambientales fueron las adecuadas para el desarrollo del cultivo como era de esperarse tal y como lo mencionan Ortega y Montoya (1998) que las fechas de siembra tempranas presentan un desarrollo foliar muy exuberante, en contraste, cuando se sembró en fechas posteriores a las recomendadas, el desarrollo de la planta fue muy raquítico, ya que su periodo de roseta se acortó por efecto de las altas temperaturas y la planta tiende a acelerar su metabolismo para crecer y reproducirse la más rápido posible (Deokar *et al.*, 1984). El coeficiente de variación fue relativamente bajo, debido a que las condiciones del terreno son muy homogéneas y las variedades son muy uniformes.

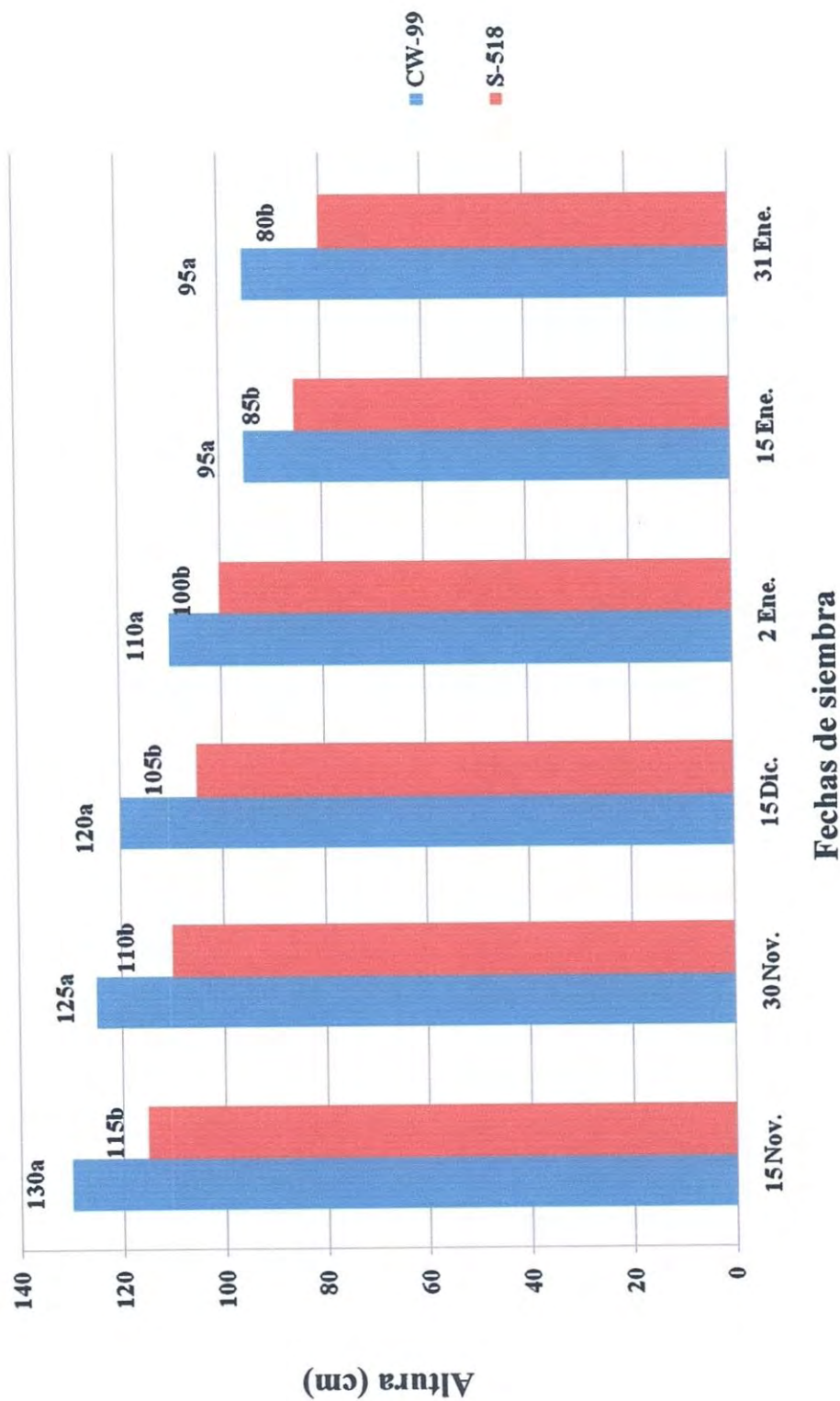


Figura 3. Altura de planta (cm) de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006/2007.

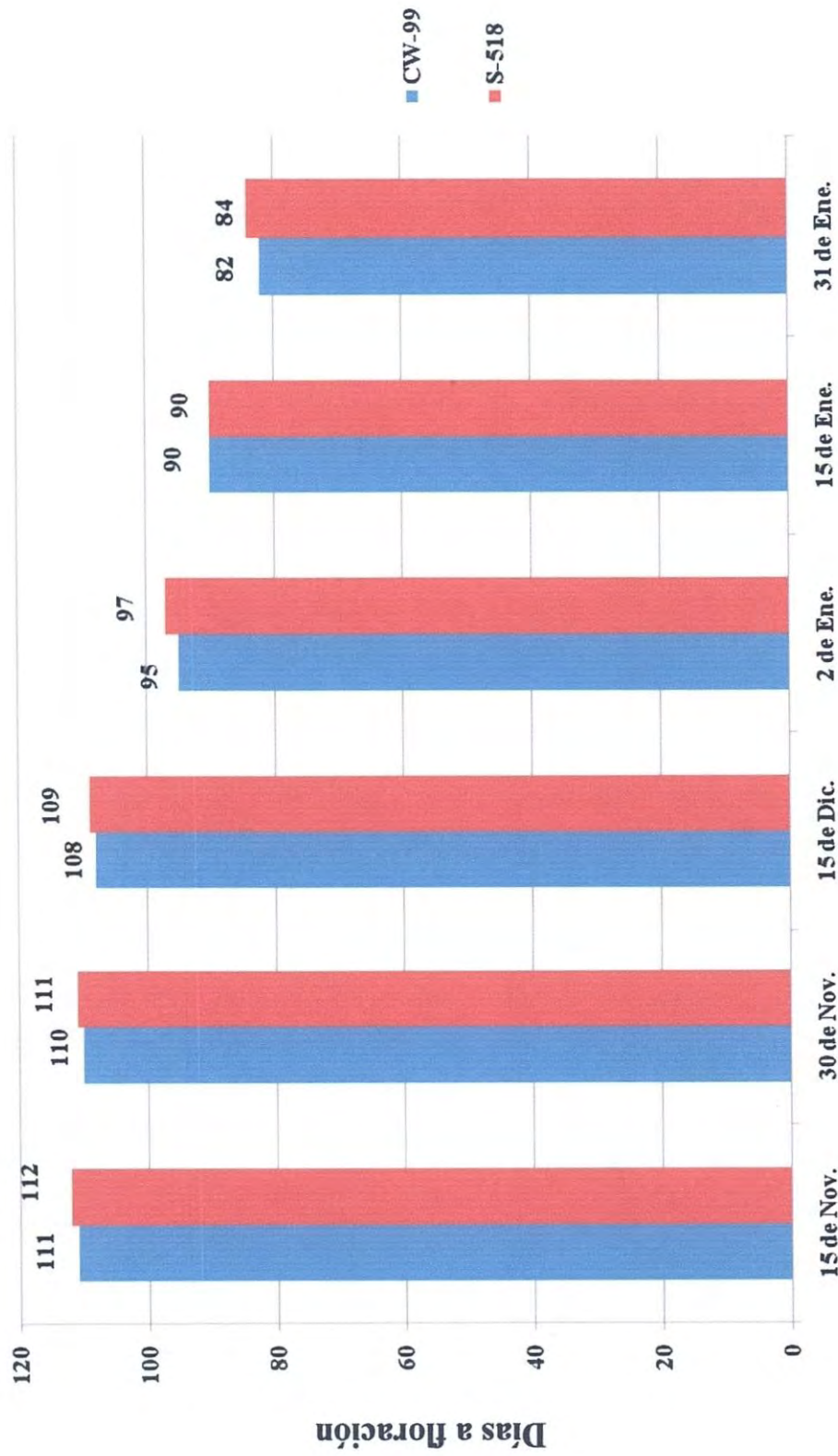
Floración.

Con respecto al inicio de floración, este se midió en días, desde la fecha de siembra y hasta que la planta presentaba un 5% de capítulos con flor, este fue un solo dato general por variedad en cada F.S. ya que las variedades utilizadas son muy uniformes y prácticamente toda la parcela experimental iniciaba floración el mismo día, razón por la cual no se realizó ningún análisis estadístico. Los resultados muestran que entre la primera fecha y la última fecha hay una diferencia de entre 26 a 28 días, con una tendencia que entre más se retarda la fecha de siembra, fueron menos días a inicio de floración, ya que en fechas tardías el período de desarrollo del cultivo coincide con temperaturas más elevadas.

La variedad CW-99 tiene entre uno y dos días mayor precocidad a floración que la variedad S-518 como se muestra en el Figura 4. En fechas tempranas el ciclo de vida del cultivo se alarga por efecto de las condiciones ambientales, mientras que en fechas posteriores a las recomendadas el ciclo de vida del cultivo se acorta por efecto de las altas temperaturas, razón por la cual las fechas más tardías iniciaron floración más rápido que las primeras fechas como lo mencionan Deokar *et al.* (1984).

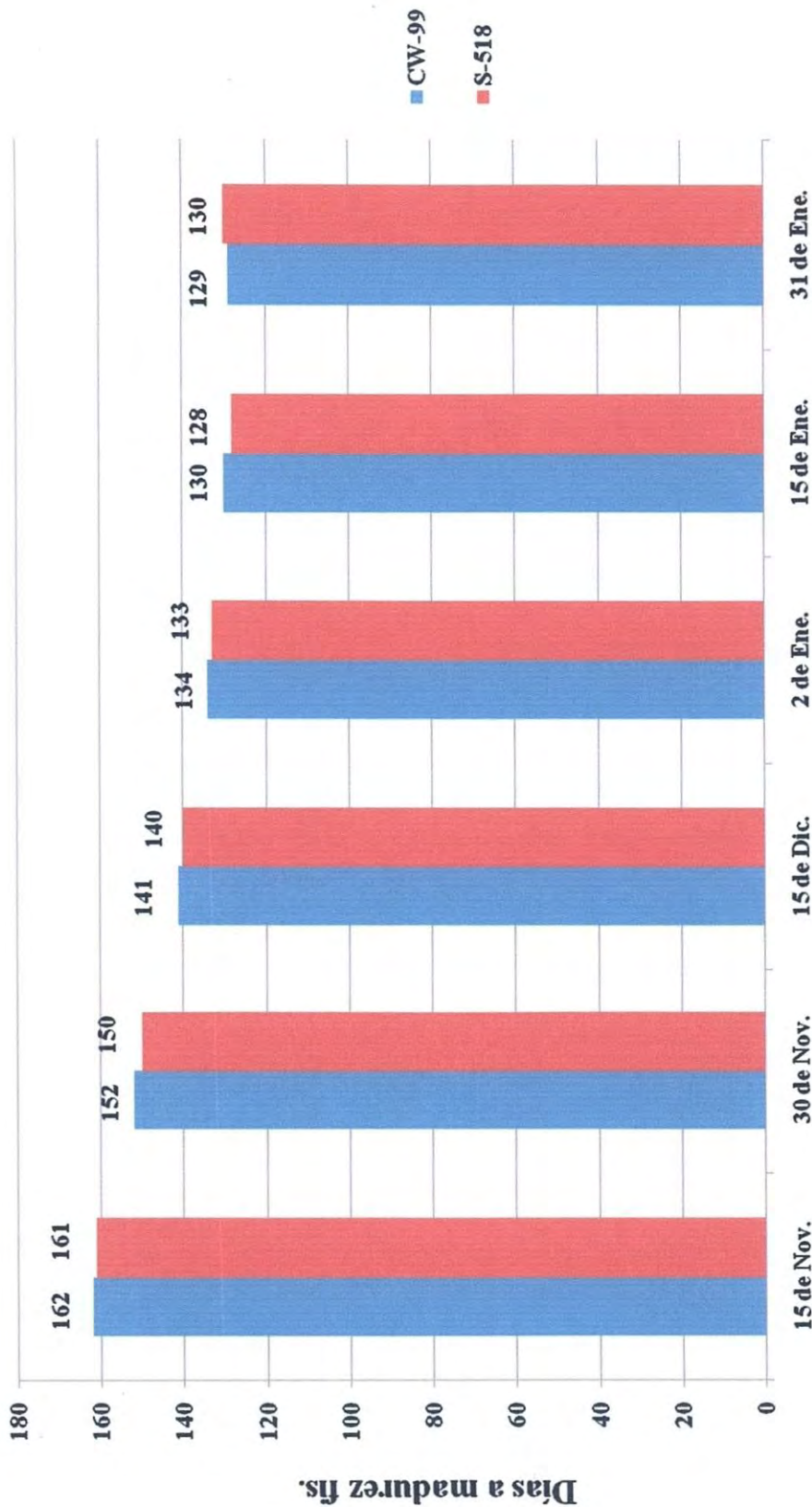
Madurez fisiológica.

La madurez fisiológica se midió visiblemente de manera general en toda la parcela, ya que ambas variedades son muy uniformes y al igual que en la floración, la madurez fisiológica ocurre prácticamente el mismo día en toda la parcela. Esta variable se midió en número de días desde la F.S. y hasta que la planta ha terminado su ciclo reproductivo y el grano entra al estado masoso. La variedad S-518 es de uno a dos días más precoz (128 -161 días) que la variedad CW-99 (129 – 162 días) en cuanto a madurez fisiológica como se muestra en la Figura 5.



Fechas de siembra

Figura 4. Días a inicio de floración de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.



Fechas de siembra

Figura 5. Días a madurez fisiológica de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

Entre la primera y la última fecha hay una diferencia de alrededor de 30 días, que es lo que se acorta el ciclo de vida del cultivo en la última fecha de siembra, de ahí que las fechas de siembra tempranas están más tiempo expuestas al ataque de plagas y enfermedades tal y como lo mencionan Ortega y Montoya (1998).

Enfermedades.

Con lo que respecta a la enfermedad falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Z.), ésta se midió en un rango de 0 a 10 donde cero es 0% de daño (Figura 6) y 10 significa 100% de daño (Figura 7). Los primeros síntomas de la enfermedad comenzaron a presentarse a partir de la primera quincena de marzo, que fue cuando se presentaron las condiciones ambientales requeridas para el desarrollo del patógeno (Figura 8) que son días con alta humedad relativa y temperaturas entre 15 y 25 °C como lo mencionan Pérez *et al.*, (2004).

En la primera F.S. (15 de noviembre) no se presentó falsa cenicilla (Figura 9). En la segunda y tercera fecha (30 de noviembre y 15 de diciembre) fue donde se comenzaron a observar los primeros síntomas de la enfermedad, en estas dos fechas, la variedad menos dañada estadísticamente ($P \leq 0.05$) fue la S-518 con un valor de dos, por un daño de cuatro que presentó la variedad CW-99. En el resto de las F.S. ambas variedades presentaron el mismo daño, siendo éste en forma ascendente, es decir, entre más se retardó la fecha de siembra fue mayor el porcentaje de daño que presentó el cultivo, el cual fue de cinco, seis y siete para la cuarta, quinta y sexta F.S., respectivamente.

Haciendo la comparación entre fechas de siembra se tiene que la mejor fue la del 15 de noviembre ya que no hubo presencia de la falsa cenicilla y fue donde se obtuvo el mayor rendimiento de grano para las dos variedades, con el inconveniente de que el ciclo de vida del cultivo se alarga demasiado y queda mayor tiempo expuesto a plagas y enfermedades



Figura 6. Capítulo de cártamo con cero daño de falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Z.).



Figura 7. Capítulo de cártamo con 100 % de daño de falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Z.).

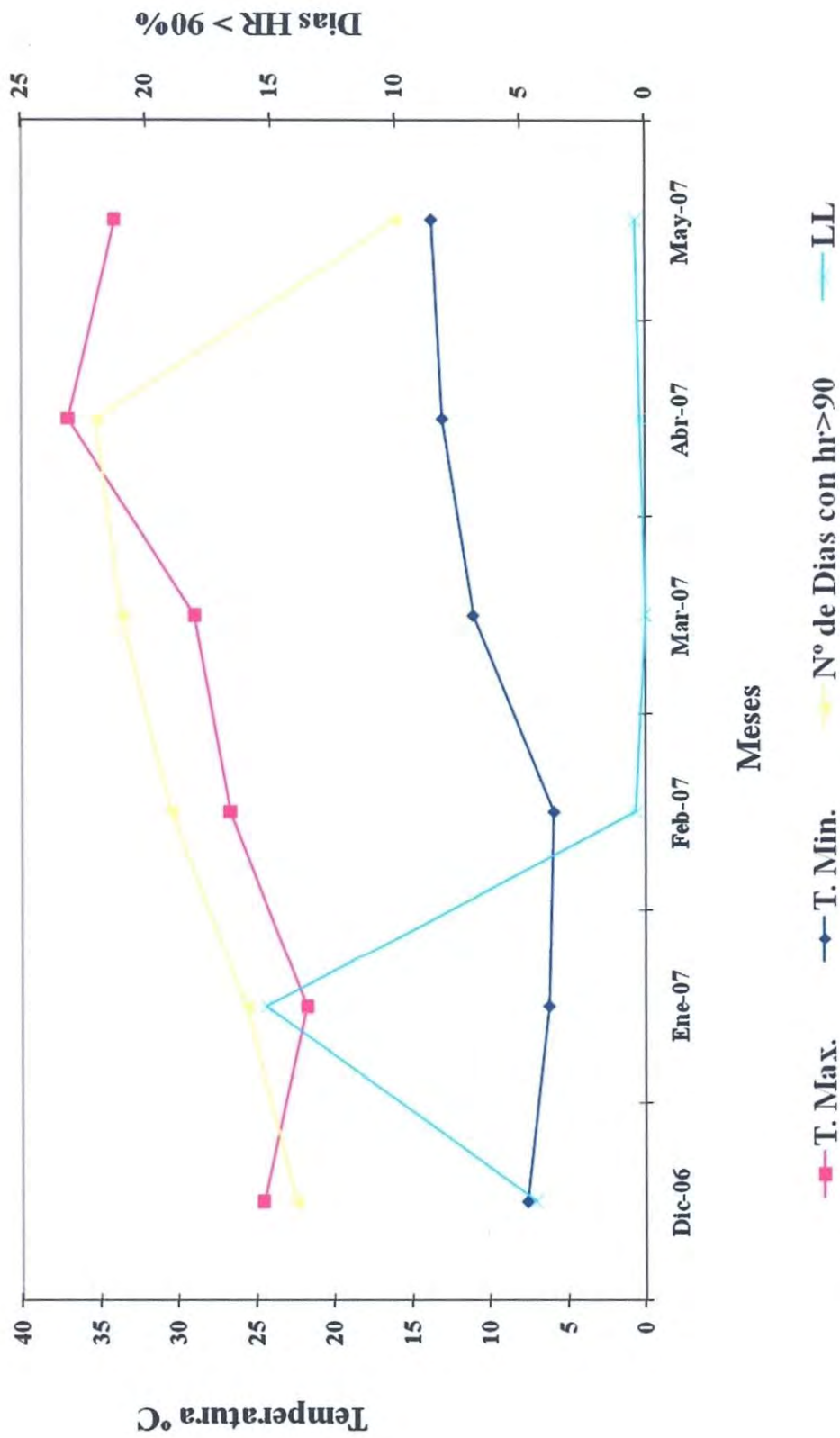


Figura 8. Condiciones ambientales que se presentaron durante el Ciclo otoño-invierno 2006-2007 en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

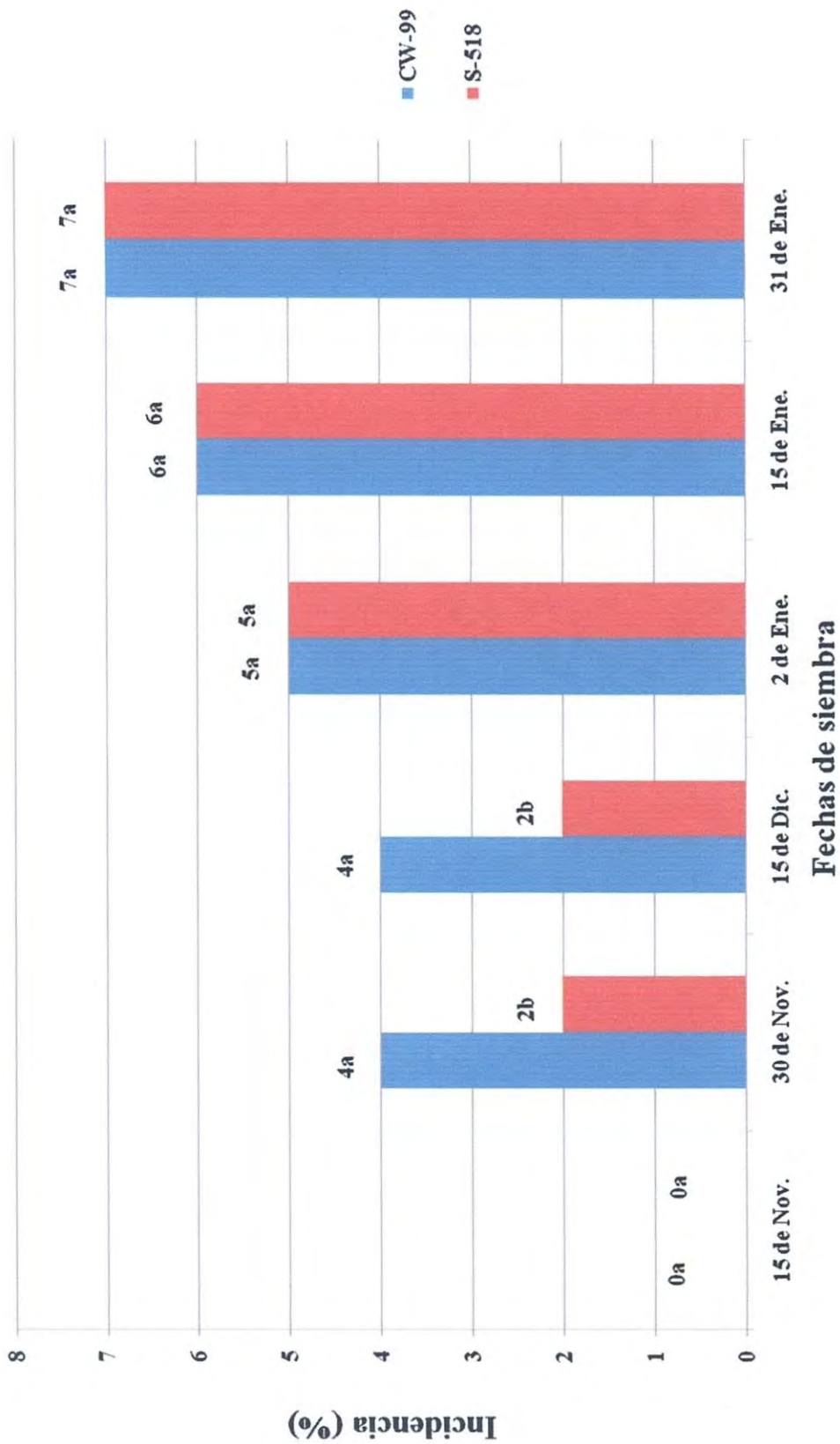


Figura 9. Incidencia de cenicilla (*Ramularia carthami* Z.) (0-10) en dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

como lo mencionan Deokar *et al.* (1984), aunque en este caso específico no se presentaron daños ocasionados por plagas que afectaran significativamente el rendimiento de grano.

La hipótesis planteada en este estudio en relación a que si se adelanta la F.S. del cultivo de cártamo al mes de noviembre permitiría una baja incidencia de la enfermedad sin afectar de manera significativa el rendimiento resultó cierta, ya que la siembra del mes de noviembre que fue la que tuvo menos incidencia de la falsa cenicilla, fue también la fecha en que se presentaron los mayores rendimientos de grano.

Haciendo una comparación entre las dos variedades de cómo las afecta este patógeno se demuestra que la variedad S-518 bajo condiciones de baja presión de la enfermedad se comporta mejor que la variedad CW-99, ya cuando dicha presión de la enfermedad es elevada ambas variedades presentan el mismo porcentaje de daño.

Con base a la incidencia de roya (*Puccinia carthami* C.), esta se midió de manera visual en cuatro partes diferentes de la parcela para lo cual se manejó un rango de 0 a 10 donde cero es 0% de daño y 10 significa 100% de daño. Dicha enfermedad se presentó en todas las F.S., y en cada una de ellas se detectó mas presencia en la variedad S-518 (Figura 10), aunque no afectando de manera significativa el rendimiento de grano, ya que se encontró poca presencia en el tercio superior de la planta.

Contenido de aceite.

Con respecto al porcentaje de aceite, se encontró diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$) entre F.S. con un coeficiente de variación de 1.02%. Promediando el porcentaje de aceite de las dos variedades en cada F.S., estas quedaron en el siguiente orden: cuarta, quinta, sexta, primera, tercera y segunda F.S. (Figura 11). El orden en que quedaron las fechas indica que no son necesariamente éstas la causa de que varíe el contenido de aceite,

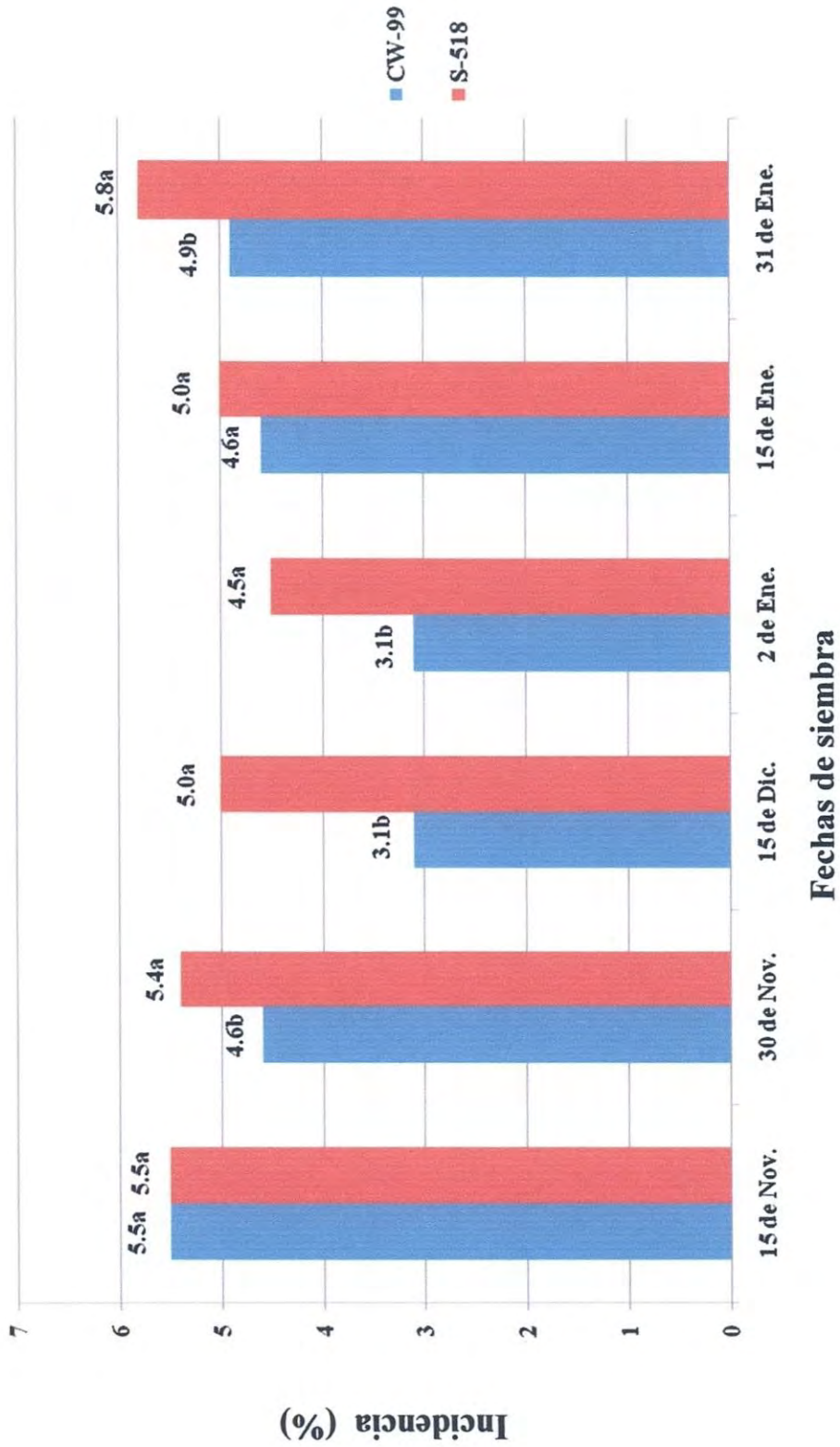


Figura 10. Incidencia de roya (*Puccinia carthami* C.) (0-10) en dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

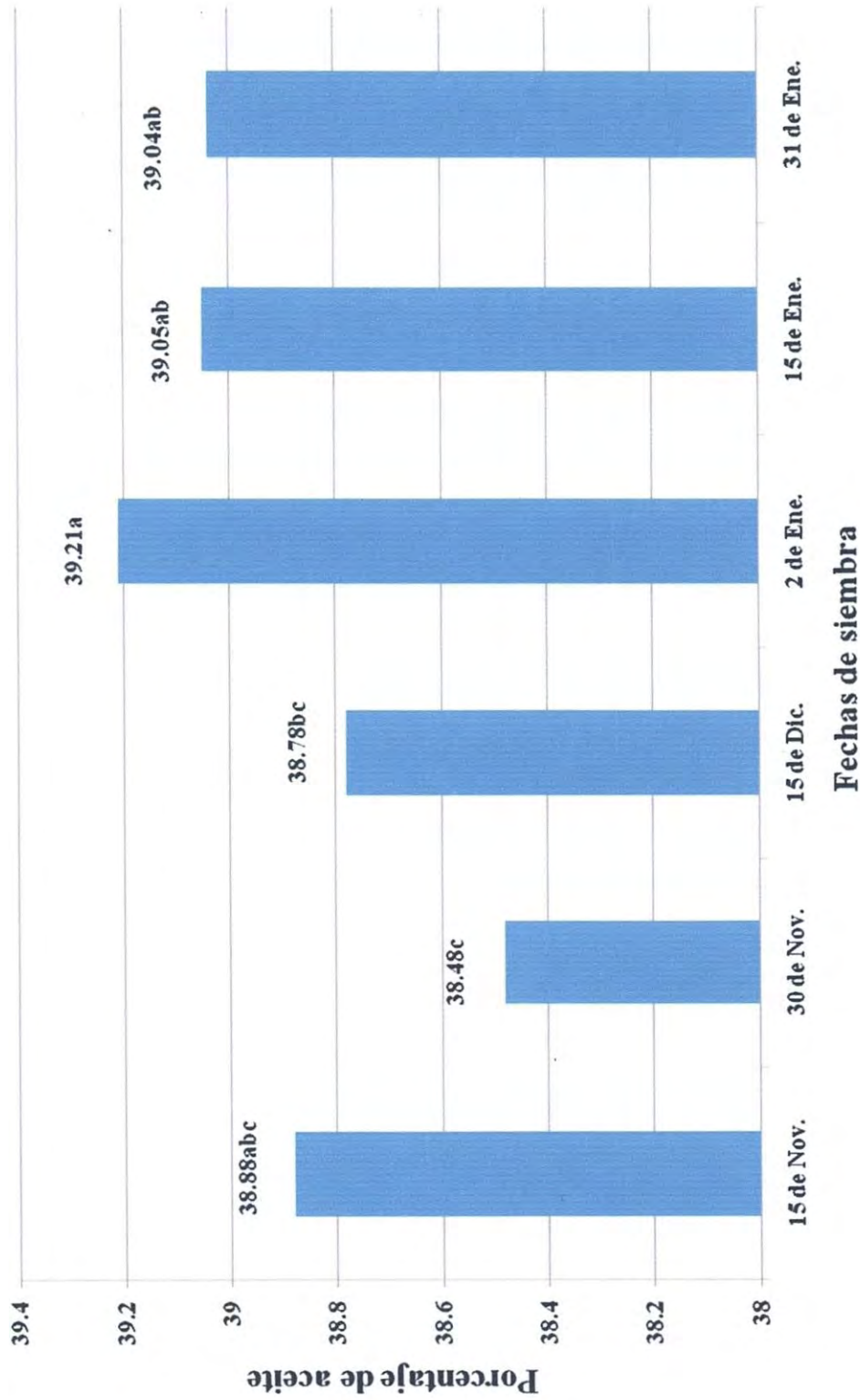


Figura 11. Porcentaje de aceite en promedio de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius L.*) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

tal y como lo mencionan Mundel *et al.* (1994) y contrariamente a lo que afirma Yau, (2007) que las fechas de siembra tempranas presentan mayor cantidad de aceite que las fechas tardías.

Haciendo una comparación entre variedades en las diferentes F.S. se tiene que la variedad CW-99 fue estadísticamente superior en cuanto al contenido de aceite a la variedad S-518 en la primera, segunda, quinta y sexta F.S., mientras que en la tercera y cuarta F.S. ambas variedades fueron estadísticamente similares ($P \geq 0.05$) en su contenido de aceite (Figura 12).

En promedio de las seis F.S., se encontró que la variedad CW-99 (39.35) fue superior estadísticamente ($P \leq 0.05$) en su contenido de aceite a la variedad S-518 (38.47), como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje de aceite de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) promedio de seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

Variedad	Porcentaje de aceite
CW-99	39.35 a
S-518	38.47 b

Coefficiente de Variación = 1.02%.

Diferencia Mínima Significativa = 0.2210

Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P \leq 0.05$).

Rendimiento de grano.

Con respecto a rendimiento de grano, el análisis estadístico encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre F.S. con un coeficiente de variación de 12.00%. Con el rendimiento promedio de las dos variedades, se tiene que estadísticamente la mejor F.S. fue la primera (15 de noviembre) con un rendimiento de 2,397 kg/ha, seguida por la segunda



Figura 12. Porcentaje de aceite de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

(30 de noviembre) que rindió 1,837 kg/ha. El resto de las F.S. quedaron en el siguiente orden; sexta (31 de enero), quinta (15 de enero), tercera (15 de diciembre) y cuarta (2 de enero), como se muestra en la Figura 13. Los rendimientos que se obtuvieron en este trabajo, sobre todo en las últimas fechas de siembra quedaron muy por debajo de los que reportan Ramírez *et al.* (2008), ya que en este trabajo no se realizó ningún tipo de control para contrarrestar los daños ocasionados por la falsa cenicilla, los cuales redujeron considerablemente el rendimiento, sobre todo en las últimas fechas de siembra que fue donde se presentó la enfermedad con mayor severidad.

Haciendo una comparación entre variedades, en cada una de las F.S., se tiene que la variedad CW-99 fue superior a la variedad S-518 en la primera (15 de noviembre), quinta (15 de enero) y última F.S. (31 de enero), mientras que la variedad S-518 fue superior a la variedad CW-99 únicamente en la segunda F.S. (30 de noviembre). En el resto de las F.S. las dos variedades evaluadas fueron estadísticamente iguales (Figura 14).

En promedio de las seis F.S., el análisis estadístico encontró diferencia significativa entre variedades, siendo superior la variedad CW-99 con un rendimiento promedio de 1,777 kg/ha por 1,593 kg/ha de la variedad S-518 como se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Rendimiento promedio de grano (kg/ha) de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)
CW-99	1,777 a
S-518	1,593 b

Coeficiente de Variación = 12.00%
Diferencia Mínima Significativa = 87.6498
Literales diferentes indican diferencia significativa con ($P \leq 0.05$).

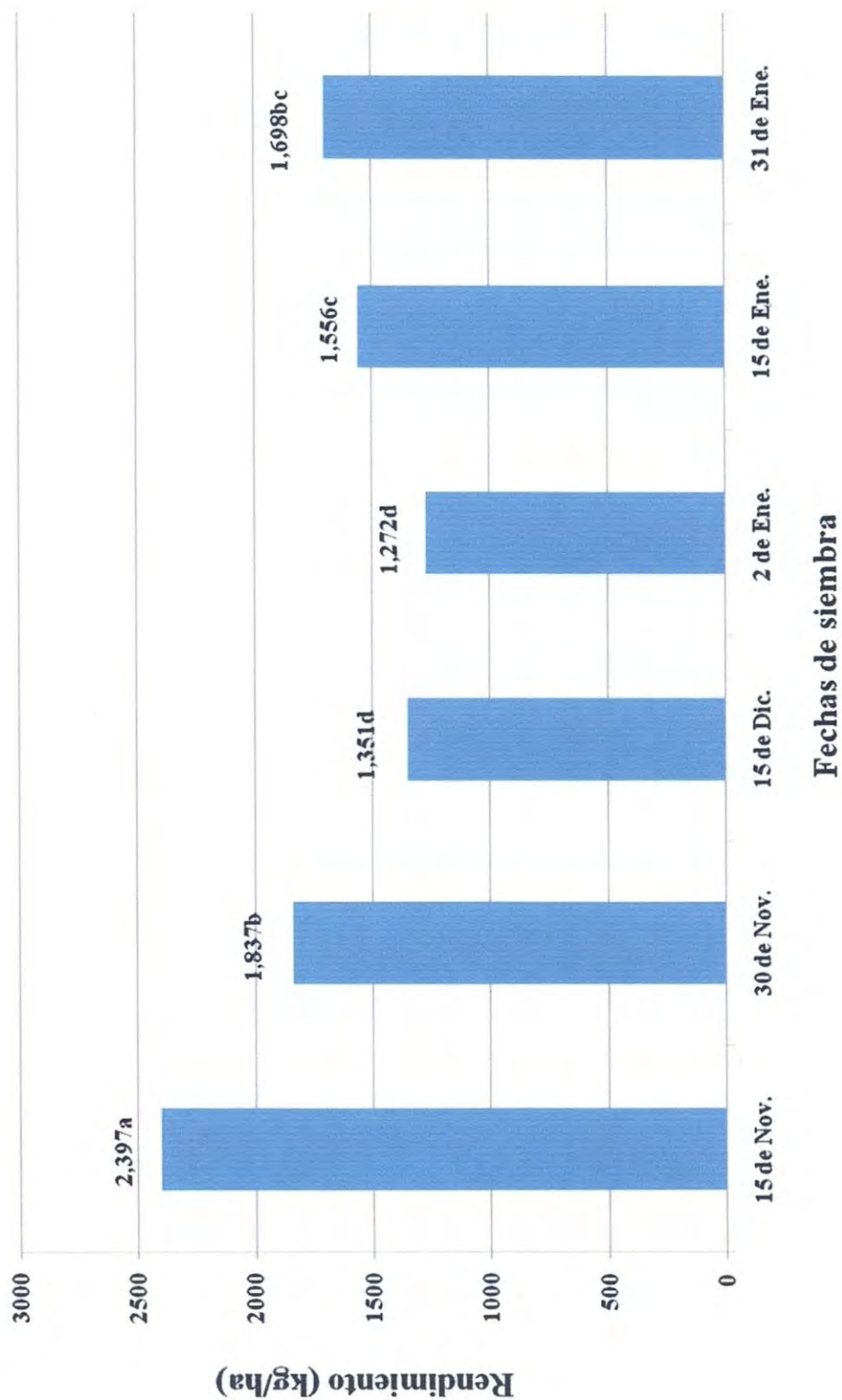


Figura 13. Rendimiento promedio de grano (kg/ha) de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.), S-518 y CW-99 en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

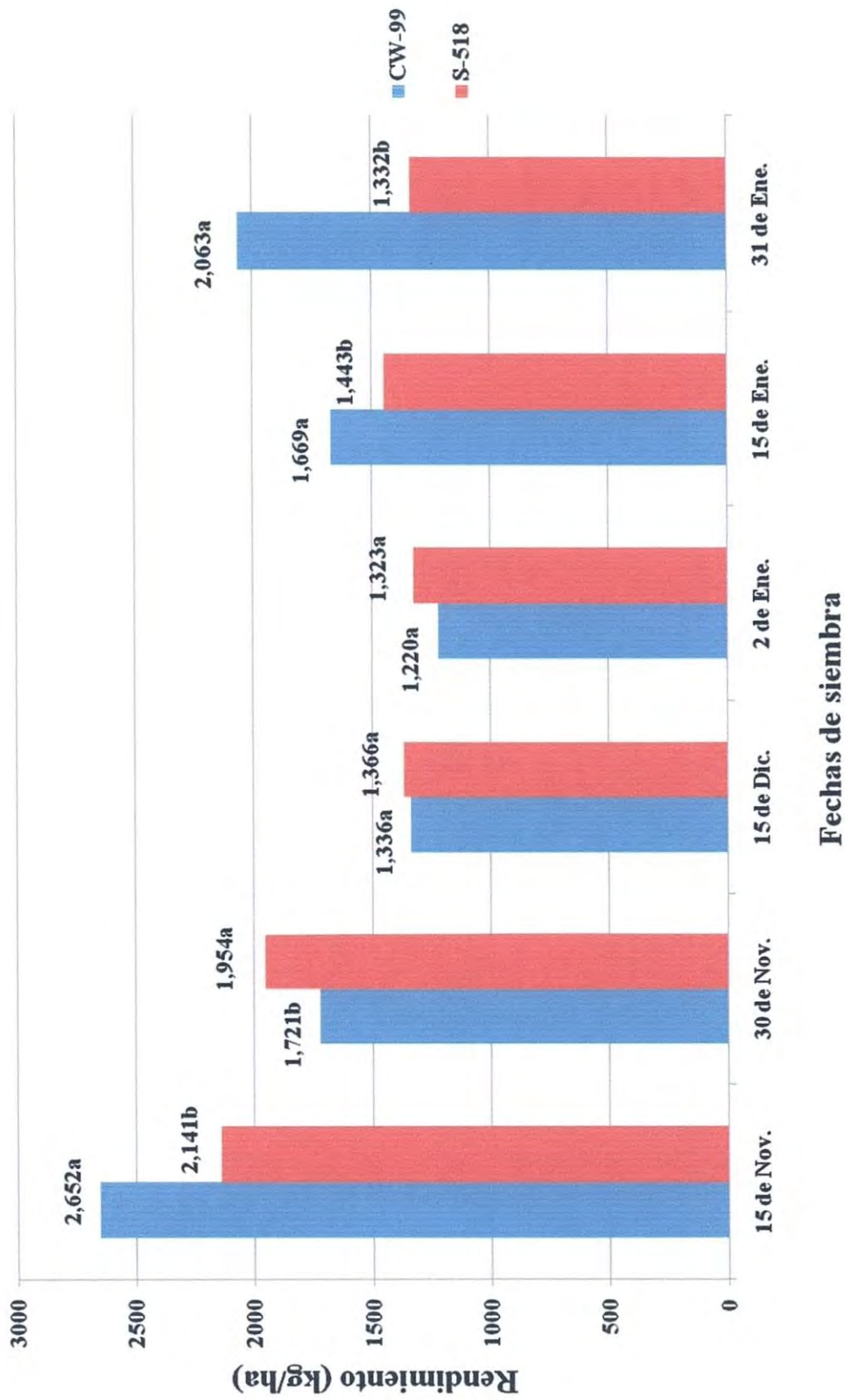


Figura 14. Rendimiento de grano (kg/ha) de dos variedades de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

La variedad CW-99 en cuanto a rendimiento de grano muestra diferencia significativa entre F.S., quedando en el primer grupo la primera fecha con un rendimiento de 2,652 kg/ha, seguido por el segundo grupo que corresponde a la sexta F.S. con un rendimiento de 2,063 kg/ha, seguido por la segunda y quinta fecha con rendimientos de 1,721 y 1,669 kg/ha respectivamente, y el último grupo lo conforman la tercera y cuarta F.S. con rendimientos de 1336 y 1220 kg/ha respectivamente (Figura 15).

Para la variedad S-518, el análisis estadístico encontró diferencia significativa entre F.S., dicha variedad quedó dividida en dos grupos, el primero lo conforman la primera y segunda F.S. con rendimientos de 2,141 y 1,954 kg/ha respectivamente, las siguientes F.S. rindieron entre 1,443 y 1,323 kg/ha y quedaron en el siguiente orden quinta, tercera, sexta y cuarta F.S. (Figura 16). Relacionándose con lo que mencionan Musa y Muñoz (1989) que por cada día que se retrasa la siembra, disminuye el rendimiento en promedio de 20 kg/ha.

Condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales que se presentaron durante el desarrollo del trabajo se presentan en la Figura 8, dichas condiciones son las que rigen la presencia o ausencia de la enfermedad, lo que demuestra que en las primeras fechas de siembra la poca presencia de falsa cenicienta se debió a que había poca humedad relativa y las temperaturas se encontraban por debajo de los 10 °C, mientras que durante la segunda quincena de marzo que fue cuando se presentaron los primeros síntomas de la enfermedad las condiciones ambientales presentaban temperaturas entre los 10 y los 30 °C y días con humedad relativa mayor de 90, corroborando lo que mencionan Armenta *et al.* (2005), que no se encontró relación entre las temperaturas mínimas y la presencia de la enfermedad, ya que se presenta cuando hay humedad relativa mayor a 90% y la temperatura oscila entre los 10 y los 30 °C.

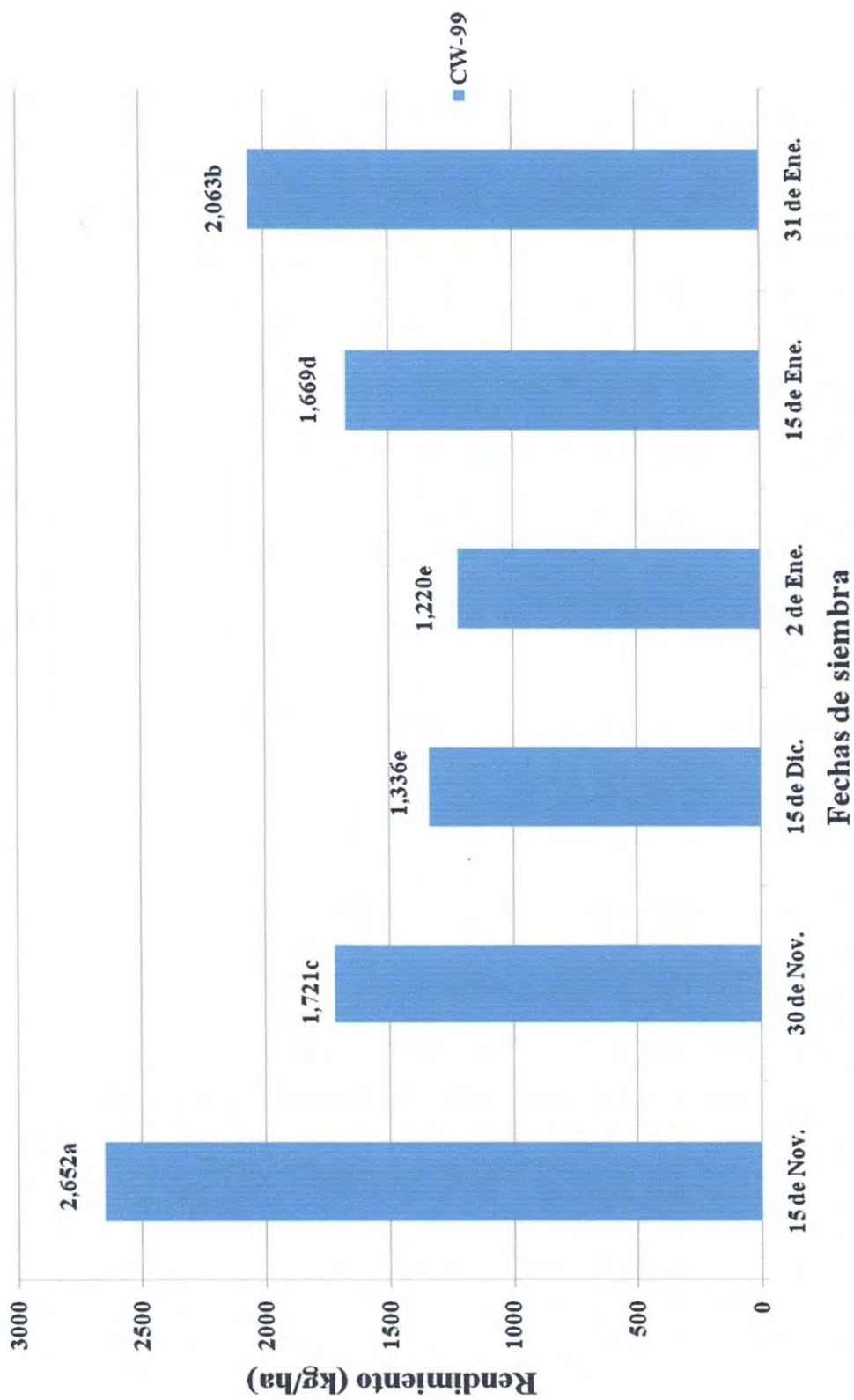


Figura 15. Rendimiento de grano (kg/ha) de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) con la variedad CW-99 en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

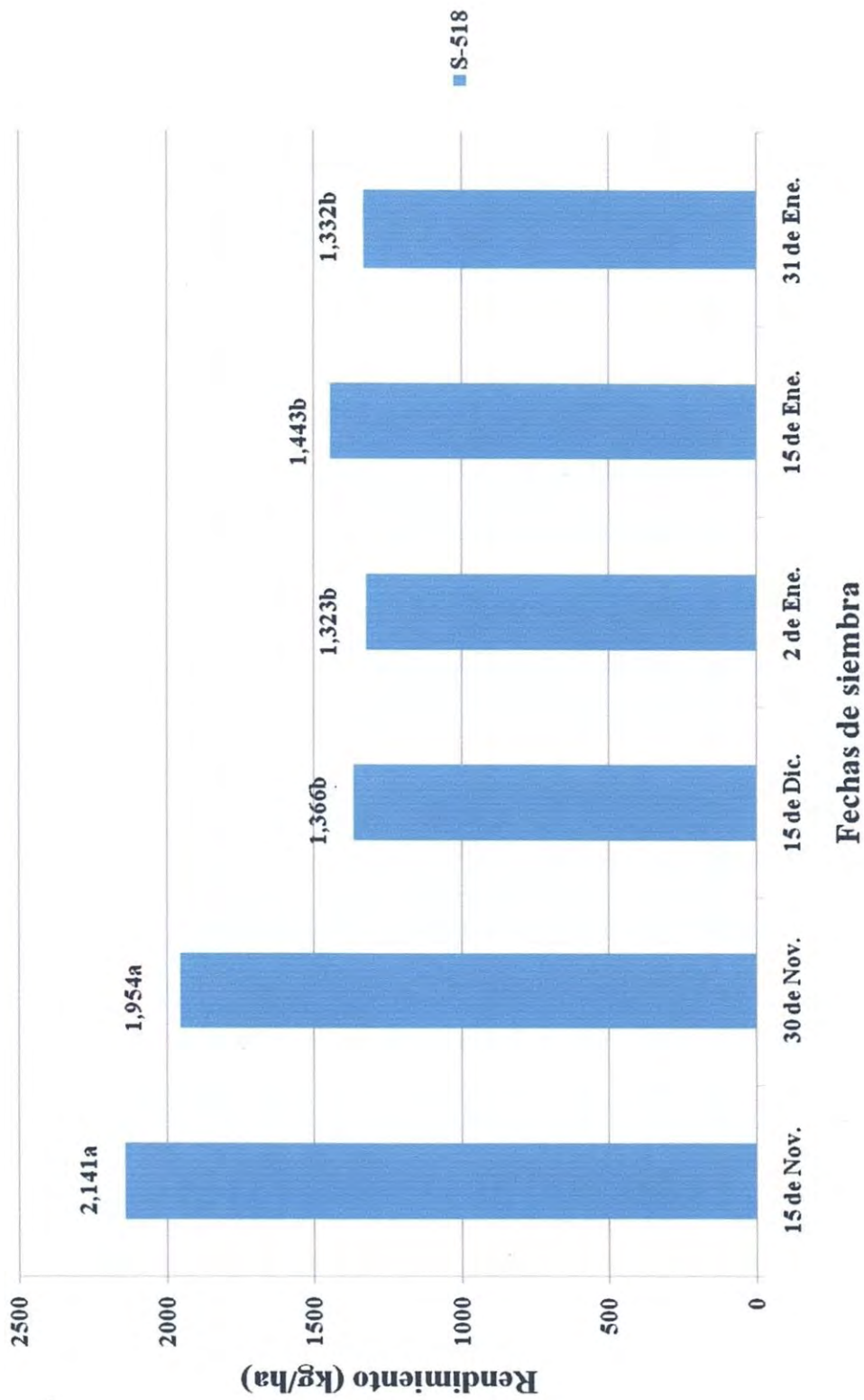


Figura 16. Rendimiento de grano (kg/ha) de cártamo (*Cartamus tinctorius* L.) con la variedad S-518 en seis fechas de siembra, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2006-2007.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cuando la presión de la enfermedad falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Z.) es baja, es decir, cuando las condiciones ambientales no son favorables para que se desarrolle el hongo en su máxima expresión, afecta con mayor intensidad a la variedad CW-99 que a la variedad S-518, pero cuando la presión de la enfermedad es elevada, afecta de igual forma a las dos variedades.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que la mejor fecha de siembra para cártamo en el Sur de Sonora son las fechas tempranas por ser cuando el cultivo presenta las etapas fenológicas de forma apropiada, y por ende se obtienen los mejores rendimientos.

Los mejores rendimientos de grano se obtuvieron con la variedad CW-99, aunque cabe destacar que tiene poca estabilidad entre fechas de siembra, mientras que la variedad S-518 que rindió estadísticamente menos en promedio de las seis fechas de siembra, tiene la característica de ser más estable entre fechas.

Las condiciones ambientales que favorecen la formación de las estructuras reproductivas del patógeno son días con alta humedad relativa (70-90%) y temperaturas que varían entre 10 y 25 °C.

Cabe mencionar que todos los resultados que se obtuvieron en este trabajo están influenciados por las condiciones ambientales que se presentaron durante el ciclo en estudio, es decir, esto puede variar año con año de acuerdo a las condiciones climáticas que se presenten. Por lo que se recomienda que se siga trabajando en este tema, ya que las condiciones ambientales están cambiando año con año y como consecuencia de esto se espera que los resultados obtenidos en este estudio pudieran diferir de futuras evaluaciones, y sería de suma importancia tener mas información de cómo se comportan las variedades en

diferentes tipos de clima y suelo, referente a la falsa cenicilla, al rendimiento de grano y a la calidad y cantidad de aceite.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alessi, J., J. F. Power and D. C. Zimmerman. 1981. Effects of Seeding Date and Population on Water-Use Efficiency and Safflower Yield. *Agron Journal* 73:783-787.
- Armenta, C., C. M., J. A. Ramírez A. y J. B. Valenzuela 2005. Epidemiología de la falsa cenicilla del cártamo en el valle del Mayo In. Acciones sobre el control de la Falsa Cenicilla del Cártamo (*Ramularia carthami*) en el Sur de Sonora. INIFAP-CESAVE. Cd. Obregón, Sonora, Mexico.
- Ashri, A. 1971. Evaluation of the World Collection of Safflower, *Carthamus tinctorius* L. I. Reaction to Several Diseases and Associations with Morphological Characters in Israel¹. *Crop Science* 11:253-257.
- Ashri, A., D. E. Zimmer, A. L. Urie, A. Cahaner and A. Marani. 1974. Evaluation of the World Collection of Safflower, *Carthamus tinctorius* L. IV. Yield and Yield Components and Their Relationships. *Crop Science* 14:799-802.
- Bassil, E. S. and S. R. Kaffka. 2001. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation I. Consumptive water use. Department of Agronomy and Range Science, One Shields Avenue, University of California. California, USA.
- Berglund, D.R., N. Riveland, and J. Bergman. 1998. Safflower production. North Dakota State University Extensión Service. Disponible en: www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/cops/a870w.htm (Octubre de 2009).
- Camarillo, P. M. 2003. Guía para producir cártamo en los Valles de Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado, Sonora. Folleto para productores No. 35. INIFAP-CIRNO. Mexicali Baja California, México. pp: 7-9.
- Camarillo, P. M. 2006. Evaluación de 2 métodos de siembra con cártamo en el valle de Mexicali B.C. MEMORIA IX Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali Baja California, México. pp: 472-475.
- Chanda M. G. L., V. S. Muñoz, P. R.D. García y A. O. Leal. 1993. San ignacio'92, Sonora'92 y BÁCUM'92: Nuevas variedades de cártamo para el noroeste de México. Folleto técnico N° 21. CEVY-CIRNO-INIFAP-SARH. Cd. Obregón, Sonora, México 24 p.
- Contreras De la Cruz, E. y L. M. Tamayo. 1999. Tecnología para el control de maleza en los principales cultivos del Valle del Yaqui, Sonora. Publicación Técnica Núm. 1. CEVY-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora, México. p: 15-16.
- Deokar, A. B., N. D. Patil, B. S. Manke and M. S. Munde. 1984. Response of safflower *Carthamus tinctorious* varieties to different dates of sowing. *Journal of Maharashtra Agricultural University* 9(1): 67-69.

- Figueroa, L. P. y L. C. Montoya. 2005. Etiología del agente causal de la Falsa cenicilla del Cártamo en el sur de Sonora. In. Acciones sobre el control de la Falsa Cenicilla del Cartamo (*Ramularia carthami*) en el Sur de Sonora. INIFAP-CESAVE. Cd. Obregón, Sonora, México.
- García, P. R. D. 1998. Tecnologías Llave en Mano serie 1998 SAGAR-INIFAP. México D.F. pp: 189-190.
- García, P. R. D., M. G. Chanda y O. M. Leyva. 1993. Sinaloa'90 Nueva variedad de cártamo para el noroeste de México. Folleto técnico N° 14. CEVACU-INIFAP-SARH. Culiacán, Sinaloa, México 12 p.
- Gonzalez, J. L., and A. A. Schneiter. 1994. Response of Hybrid and Open-Pollinated Safflower to Plant Population. American Society Agronomy. Agronomy Journal 86:1070-1073.
- Grageda, G. J., M. Ortega, R. J. Herrera, y A. A. Fu, 1999. Componentes tecnológicos para mejorar la productividad y rentabilidad en trigo, maíz, sorgo y cártamo. Folleto Técnico N° 18. SAGAR-INIFAP-CIRNO.CECH. Hermosillo, Sonora, México 55 p.
- Hashemi-Desfouli, A. 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. Crop Research (Hisar) 7 (3): 313-319.
- Hostert, N. D., C. L. Blomquist, S. L. Thomas, D. G. Fogle and R. M. Davis. 2006. First Report of *Ramularia carthami*, Causal Agent of Ramularia Leaf Spot of Safflower, in California. Published by The American Phytopathological Society. Volume 90, Number 9.
- Jiménez, G. E. 1999. El Campo Experimental Valle del Yaqui: su importancia en la producción agrícola en el sur de Sonora. Folleto informativo N° 1. Cd. Obregón, Sonora, México. p:17.
- Kaffka, S. R., T. E. Kearney, P. D. Knowles and M. D. Millar. 2000. Safflower production in California. Disponible: <http://agric.ucdavis.edu/crops/oilseed/safflower.htm> (Septiembre, 2009).
- Kumar A., and H. K. Joshi. 1995. Development of leaf-spot caused by ramularia-carthami and reaction of safflower cultivars. Journal of Agricultural Science 125: 223-225.
- Li, D. and H. H. Mündel. 1996. Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation the use and underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersleben/Internacional Plant Genetic Resorces Institute. Rome, Italy. pp. 21-25.
- Mazzani, B. 1963. Plantas oleaginosas. Capitulo V. Compuestos oleaginosos, Girasol y cartamo. Editorial Editores. Primera edición. Impreso en España pp. 120-128.

- Medina, O. S., A. A. González, E. D. Gonzáles y C. J. Ruiz. 2001. Guía para producir cártamo en el Centro y Sur de Jalisco. Folleto para productores N° 1 INIFAP Guadalajara, Jalisco, México. pp. 14-16.
- Mochini, R. C. y B. A. Perez. 1999. Predicting wheat leaf rust severity using planting date, genetic resistente, and weather variables. *Plant Disease* 83:381-384.
- Montoya, C. L. 1998. Quilantán'97. Variedad de cártamo tipo oleico para el noroeste de México. Folleto Técnico N° 35. CEVY-CIRNO-INIFAP.SAGAR. Cd. Obregón, Sonora, México 12 p.
- Montoya, C. L. y B. F. Ochoa. 2006. Guía para producir cártamo en el sur de Sonora. Folleto para productores No. 37. INIFAP-CIRNO. Cd. Obregón, Sonora, México pp. 4-19.
- Montoya, C. L., C. C. Armenta., A. J. Ramírez., B. R. Valenzuela., C. I. Armenta., C. F. Cabrera., F. M. Beltrán., G. R. Lagarda., G. A. Borbón y E. X. Ochoa. 2008. Guía para producir cártamo en el sur de Sonora. Folleto para productores No. 38. INIFAP-CIRNO. Cd. Obregón, Sonora, México pp: 6.
- Mundel, H. H., R. J. Morrison, R. E. Blackshaw, T. Entz, B. T. Roth, R. Gaudiel and F. Kiehn. 1994. Seeding date effect on yield, quality and maturity of safflower. *Canadian Journal of Plant Science* 74 (2):261-266.
- Muñoz, B. S. 1977. Evaluación de 7 fechas de siembra en 5 variedades de cártamo en suelos de aluvión y arcilloso en el Valle del Mayo. Avances de la Investigación-CIANO. O-I 1976-1977. Navojoa, Sonora, México. p. 42-43.
- Musa, G. L. CH. y S. V. Muñoz. 1989. Ensayo para evaluar el rendimiento de 12 genotipos de cártamo en 4 fechas de siembra en el Valle del Yaqui, Sonora. Avances de la Investigación-CIANO. N° 25. O-I 1988-1989 Cd. Obregón, Sonora, México pp. 32-33.
- Musa, G. L. CH., V. S. Muñoz y R. D. García P. 1990. San José 89: Nueva variedad de cártamo. Folleto Técnico N° 16. CEVY-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora, México 16 p.
- Nasr, H. G., N. Katkhuda and L. Tannir. 1978. Effects of N Fertilization and Population Rate-Spacing on Safflower Yield and other Characteristics. *Agronomy Journal* 70:683-685.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, Nuevo León, México.
- Orozco, F. L. 1997. Suelos y Fertilización. Editorial Trillas, Primera edición, México D.F. p. 80.

- Ortega, M. P. y C. L. Montoya. 1998. Evaluación de genotipos en la Costa de Hermosillo. Informe técnico inédito. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora, México.
- Pacheco, M. F. 1994. Plagas de los cultivos oleaginosos en México. CIRNO-INIFAP-SARH. Cd. Obregón, Sonora, México. pp. 504-505.
- Palacios, A. A. 1998. Tecnologías Llave en Mano serie 1998 SAGAR-INIFAP. México D.F. pp. 193-194.
- Palacios, S. J. E. 1990. Respuesta del cultivo de cártamo a diferentes niveles de salinidad en el suelo en el Valle del Mayo, Sonora. Avances de la Investigación-CIANO N° 27. O-I 1989-1990. Navojoa, Sonora, México. pp. 95-96.
- Pérez, V. J., G. M. Avilés, P. J. Wong, S. J. Arrellano, T. J. Garzón, P. R. García. 2004. Falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Sacc) enfermedad de alto impacto en el cultivo de cártamo. Folleto para productores No. 51. INIFAP. Culiacán, Sinaloa, México. pp. 3-7.
- Ramírez, A. A. 2006. Niveles de severidad e intervalos de aplicaciones para el control de la mancha foliar (*Ramularia carthami*) en cártamo en el valle del mayo, sonora México. MEMORIA IX Congreso internacional en ciencias agrícolas. Mexicali Baja California, México. p. 119.
- Ramírez, A. A., C. F. Cabrera, C. M. C. Armenta, B. J. R. Valenzuela y C. L. Montoya. 2008. Eficacia de fungicidas en el control de la falsa cenicilla o mancha foliar del cártamo (*Ramularia carthami*) en el sur de Sonora, México. MEMORIA XI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. p. 184.
- Ramírez, A. A. y C. M. C. Armenta. 2005. Determinación de los niveles de severidad y los intervalos entre aplicaciones en el control de la falsa cenicilla del cártamo (*Ramularia carthami*) en el Valle del Mayo. In. Acciones sobre el control de la Falsa Cenicilla del Cártamo (*Ramularia carthami*) en el Sur de Sonora. INIFAP-CESAVE Cd. Obregón, Sonora, México.
- Robles, S. R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Editorial Limusa, primera edición. México, D. F. p. 339
- Rodríguez, M. B., A. B. López, C. J. Macías. 2000. Guía para el cultivo de cártamo bajo riego en el norte de Sinaloa. <http://www.agronet.com.mx/cgi/articles.cgi>. (Julio, 2009).
- SAGARPA, 2008. Citado por Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- Vavilov, N. I. 1949. Estudio sobre el origen de las plantas cultivadas. Versión española por Felipe Freter. Acme Agency, soc. resp. LTDA. SUIPACHA 58 Buenos Aires, Argentina.

- Wong, P. J., G. M. Avilés y C. J. Macias. 2005. El cultivo de cártamo en Sinaloa. Folleto para productores No. 53. INIFAP. Culiacán, Sinaloa, México. pp. 18-19.
- Yau, S. K. 2007. Winter versus spring sowing of rain-fed safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy* 26 (3): 249-256.
- Yermanos, D. M., B. J. Hall and W. Burge. 1964. Effects of Iron Chelates and Nitrogen on Safflower and Flax Seed Production and Oil Content and Quality. *Agronomy Journal* 56:582-585.