

Situación de la producción de cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) en Sonora, México y factores asociados

María Isabel Silveira Gramont¹

María Lourdes Aldana Madrid²

Luis Ángel Medina Juárez³

Alfredo Serrano Esquer³

RESUMEN

Se realizó una revisión sistemática de las bases de datos documentales y bibliográficas sobre el cártamo en Sonora y en México. Los resultados indican que la producción comercial de cártamo en Sonora ha mostrado una gran variabilidad, asociada con los precios, con la situación mundial de producción, y con problemas de enfermedades y plagas del cultivo. Aún con la promoción gubernamental del cultivo, características no favorables como la susceptibilidad a enfermedades y plagas de las variedades adaptadas para Sonora y la oferta/demanda variable del cártamo, generan desaliento entre los productores. Hay varias publicaciones sobre mejoramiento de variedades, métodos de siembra, manejo y condiciones del cultivo en Sonora y sobre calidad del aceite, pero éstas son pocas en comparación con los años que lleva el cultivo instalado en la región. Más escasas aún

son las investigaciones sobre la pasta de cártamo, así como sobre productos nutracéuticos derivados del aceite, los cuales tienen cierta demanda en otros países.

Palabras clave: Cártamo, producción de cártamo, oleaginosas, investigación en cártamo.

ABSTRACT

A systematic revision on safflower in Sonora and Mexico was conducted through the available documentary and bibliographical data bases. The results indicate that the commercial production of safflower in Sonora has shown a great variability, associated with the agricultural crop problems, the crop prices, and with the world-wide crop production. In spite of the governmental promotion of the crop, unfavorable characteristics like the susceptibility to diseases and pests of the Sonora's adapt-

¹ Maestra Titular de Tiempo Completo del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA) de la Universidad de Sonora. Correo electrónico: msilveir@guaymas.uson.mx

² Maestra Titular de Tiempo Completo del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA) de la Universidad de Sonora.

³ Maestro Titular de Tiempo Completo del Departamento de Investigación en Ciencia y Tecnología (DICTUS) de la Universidad de Sonora.

⁴ Maestro Titular de Tiempo Completo del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

ed varieties, and the variability and unpredictability of safflower market prices, generates discouragement among the producers. There are several publications on variety breeding, crop management (sowing, soils, and handling practices) for the Sonora's safflower crop, and oil quality, but those are few in comparison with the years that the crop has been produced in the region. Little still are the research papers on safflower paste, as well as on nutritional products derived from the oil, which have certain demand in other countries.

Key words: Safflower, safflower production, oilseed crops, safflower research.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) en Sonora se inició en la década de los cincuentas, como un cultivo emergente; se cultivó principalmente en zonas de riego del Valle del Yaqui y del Mayo. En la actualidad el cultivo continúa siendo secundario, en relación a los cultivos considerados básicos como el trigo, maíz y frijol. Tradicionalmente, Sonora ha sido el estado de mayor producción de cártamo, representando (promedio de los últimos cinco años) el 40% de la producción nacional. Otros estados como Aguascalientes, Jalisco, Tamaulipas, Guanajuato y Zacatecas, entre otros, han comenzado a introducir el cultivo en su producción agrícola (<http://www.siap.gob.mx>).

México, y en especial Sonora, tienen suelos aptos para el cultivo de cártamo, ya que es una oleaginosa adaptada a condiciones de climas áridos y semiáridos. Presenta como principales problemas para su producción rendimientos bajos (en comparación con otros granos), baja tasa de crecimiento

inicial la cual propicia la invasión de malezas, y una masa foliar con presencia de espinas que dificultan el movimiento del personal en los campos de cultivo, particularmente durante las tareas de cosecha.

En los últimos años se han realizado campañas estatales para incrementar la superficie sembrada de cártamo para su industrialización como aceite comestible, ya que éste posee mejores propiedades nutricionales que otros aceites. El aceite de cártamo es considerado de alta calidad alimenticia, presentando como característica su bajo contenido en colesterol.

A pesar de las campañas e incentivos, la superficie cultivada y la producción han oscilado considerablemente, debido a factores como el precio, la presencia de enfermedades y plagas de difícil control, la falta de variedades resistentes, y los problemas de manejo del cultivo.

Debido a que no se ha consolidado como un cultivo permanente, no se han desarrollado propiamente otros usos del cártamo como son la pasta para alimentación animal, el grano para alimentación de aves y los extractos de aceites esenciales que se usan en medicina alternativa.

Los datos sobre producción y comercialización a nivel estatal y nacional se pueden obtener del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (<http://www.siap.gob.mx>) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA); además, algunos datos agronómicos y de comercialización están en el portal del Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas

(<http://www.oleaginosas.org>). Los datos sobre producción internacional se pueden obtener de las bases de datos FAOSTAT (<http://www.faostat.org>) de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y de los demás países productores a través de la red de Internet, como por ejemplo el sitio <http://www.sagpya.mecon.gov.ar> de la Argentina o el sitio <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda> que contiene las bases de datos agrícolas de producción y comercio de Estados Unidos.

En lo que respecta a publicaciones científicas en México sobre cártamo o sus productos, se encontraron escasas referencias, las cuales se mencionarán en el resto del escrito. Se señalan algunas publicaciones internacionales tales como las del IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) (Li y Mündell, 1996), las de Knowles (Knowles, 1989; Knowles, 1991), el cual fue pionero en estudios sobre cártamo en Estados Unidos, así como las de Dennis (Dennis y Rubis, 1966), quien lideró el mejoramiento y adaptación de este cultivo en Arizona.

Antecedentes del cártamo

El cártamo es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad, aunque inicialmente se sembraba en

áreas de terreno relativamente pequeñas, y para usos específicos. Sus flores rojizo-anaranjadas producían tintes para teñir ropa o para colorear alimentos; esta oleaginosa se conoció en Asia durante siglos, particularmente en la India, de donde se cree que es originaria. El cártamo provee una semilla que contiene 35-50% de aceite y el resto es

una pasta con 15-20% de proteína (Rahamatalla y col., 2001). La pasta se utiliza como alimento para animales, principalmente [Dennis y Rubis, 1966; Robles, 1980; Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas, 2009 (www.oleaginosas.org); Li y Mündell, 1996].

El aceite se ha producido en forma comercial y para exportación por cerca de 50 años, primero como fuente de aceite para pinturas, y actualmente como aceite comestible. Alrededor de 60 países producen cártamo, aunque la mitad de esta producción mundial corresponde a la India (principalmente para el mercado de aceite vegetal doméstico) (Knowles, 1991; Li y Mündell, 1996).

La producción en los Estados Unidos, México, Etiopía, Argentina, Australia y Kazak-hstan contribuyen con el resto de la producción. China siembra un área significativa de cártamo, pero sus flores se cosechan para la

La producción del cártamo en Sonora ha mostrado una gran variabilidad desde 1995 a la fecha, la cual está asociada con el precio y con la situación mundial de producción. Aunque las políticas sobre esta oleaginosa han promovido en forma consistente una mayor siembra de este grano, con los argumentos de su resistencia a la sequía, y el menor uso de agua requerido por el cultivo, la falta de resistencia a enfermedades y plagas de las variedades adaptadas para Sonora generan desaliento entre los productores.

preparación de medicinas tradicionales y los datos de cosecha no se divulgan internacionalmente (Li y Mündel, 1996).

Uno de los subproductos de la extracción del aceite es la harina (o pasta) de cártamo, que contiene alrededor de 24% de proteína y es muy rico en fibra; por ello es utilizada como suplemento proteico en la alimentación animal. Con el mismo fin, se usan sus semillas y hojas tiernas en la alimentación de aves (Knowles, 1989).

Además del uso alimenticio, el aceite de cártamo tiene otros usos industriales, como la elaboración de pinturas y otros revestimientos de superficies, así como esmaltes y jabones. Su color transparente y su propiedad de no tornarse amarillo con el tiempo, permiten su uso en pinturas blancas y/o claras (Kaffka y col., 2000).

A nivel mundial, los investigadores que se dedican al mejoramiento de cártamo contribuyen con el Instituto Internacional de Recursos Genéticos de Plantas (IPGRI), una organización científica internacional autónoma que fue creada en 1995, cuyas funciones consisten en concentrar información, recursos genéticos e investigación sobre cultivos de importancia secundaria como el cártamo (Li y Mündel, 1996).

La producción de cártamo en México se inició en Guanajuato en 1905. En 1948 se extendió a los estados de Morelos y Jalisco. En 1956 se iniciaron estudios de la potencialidad del cultivo en la zona del Valle del Yaqui en Sonora, por el Centro de Investigación del Noroeste (Robles, 1980; ASER-CA, 1994). Desde 1980 el Instituto Nacional de

Geografía e Informática (INEGI) reporta a Sonora como el estado que mayor superficie de cultivo le dedicó a esta oleaginosa (INEGI_a, 1995-2007).

El clima árido y semiárido de Sonora es un factor favorable para este cultivo; es por ello que cuando los precios del trigo y del maíz empezaron a descender en México, en Sonora se comenzó a sustituir estos cultivos por cártamo, incrementando así su superficie de siembra.

El Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste del INIFAP es una de las sedes a nivel nacional para la colección de germoplasma de cártamo, y donde se realizan investigaciones de mejoramiento de ese cultivo. Los objetivos del Programa de Mejoramiento Genético incluyen el desarrollo de líneas de mayor producción, con niveles de aceite oléico y linoléico mayores al 38%, con resistencia al tizón foliar (*Alternaria carthami*) y a otros patógenos, con ciclo de madurez temprana a intermedia y con adaptación amplia a diferentes tipos de suelo. Las variedades reportadas con mayor superficie sembrada en México en la década de los 90 fueron Quiriego 88, Sahuaripa 88 y San José 89; éstas rinden el 15 % más que la variedad Gila (Musa y Muñoz 1990; Musa, 1993; Li y Mündel, 1996).

Producción de cártamo en sonora

Al no ser un cultivo básico para México, la producción de cártamo está sujeta a las oscilaciones de los mercados internacionales, a la oferta-demanda, y a las problemáticas agronómicas propias de ese cultivo.

México alcanzó una producción de cártamo de más de 600 mil toneladas métricas anuales en los

años setenta y después ésta cayó hasta las 20 mil toneladas, por falta de mercado (ASERCA_a, 2000). Desde el 2005 en México y en otros países este cultivo enfrenta un fuerte problema con una enfermedad nueva conocida como la falsa cenicienta (*Ramularia carthami*), para la cual aún no se han encontrado variedades resistentes. A pesar de esto, México ha destacado en los últimos años en cuanto a la superficie de siembra y a la producción de cártamo.

En el caso de Sonora hay datos estadísticos de producción de cártamo desde 1985 a la fecha

(INEGI_b, 1995-2007). Debido a que la producción del cártamo en Sonora es principalmente comercial, ésta se ve influida por las perspectivas de los productores de obtener un buen rendimiento (kg/ha de grano), y por el mercado de precios. En la figura 1 se puede observar que hay una secuencia de producción que depende del rendimiento que se obtuvo el año anterior. El año de mayor producción (2004), fue precedido del año de mayor rendimiento por hectárea (2003). Asimismo, se puede observar que en el 2006 la producción bajó a 40,000 toneladas, debido a que el rendimiento en el año anterior fue sustancialmente más bajo. La

Tabla I. Producción de cártamo en Sonora en los años 2004 al 2008 clasificada por Distritos de Desarrollo Rural.

Año	Distrito	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton x ha ⁻¹)	Precio
2004	Cajeme	80,643	78,323	114,695	1.46	2,100.00
2004	Guaymas	145	55	30	0.54	2,100.00
2004	Hermosillo	750	750	1,200	1.60	2,243.00
2004	Navojoa	25,898	25,898	30,767	1.19	3,300.00
2004	Total	107,833	105,423	147,621	1.40	2,358.82
2005	Caborca	758	755	1,425	1.89	2,360.00
2005	Cajeme	38,475	38,475	59,738	1.55	2,000.00
2005	Guaymas	100	100	50	0.50	2,100.00
2005	Hermosillo	250	250	500	2.00	2,400.00
2005	Navojoa	5,606	5,606	8,409	1.50	3,300.00
2005	Total	45,189	45,186	70,122	1.55	2,166.13
2006	Caborca	661	661	1,525	2.31	3,221.30
2006	Cajeme	13,698	13,698	34,595	2.53	2,100.00
2006	Guaymas	89	74	72	0.97	3,091.67
2006	Magdalena	90	90	135	1.50	3,000.00
2006	Navojoa	5,490	5,490	6,039	1.10	3,300.00
2006	Total	20,028	20,013	42,366	2.12	2,315.96
2007	Caborca	931	906	2,172	2.40	3,040.00
2007	Cajeme	16,294	16,294	31,850	1.96	1,200.00
2007	Guaymas	296	238	190	0.80	3,000.00
2007	Hermosillo	996	996	1,793	1.80	3,355.00
2007	Magdalena	150	150	285	1.90	3,355.00
2007	Navojoa	9,051	9,051	18,102	2.00	3,450.00
2007	Ures	15	15	13	0.87	3,450.00
2007	Total	27,734	27,650	54,404	1.97	2,112.78
2008*	Total	29,269	29,231	61,918	2.12	--

* Estimado obtenido del Anuario de Cereales al 31 de diciembre del SIAP (www.siap.gob.mx).

Fuente: INEGI, 2004-2008. Anuario Estadístico del Estado de Sonora. Aguascalientes, Agri. México.
 Sonora: INEGI, 2004-2008. Anuario Estadístico del Estado de Sonora. Aguascalientes, Agri. México.

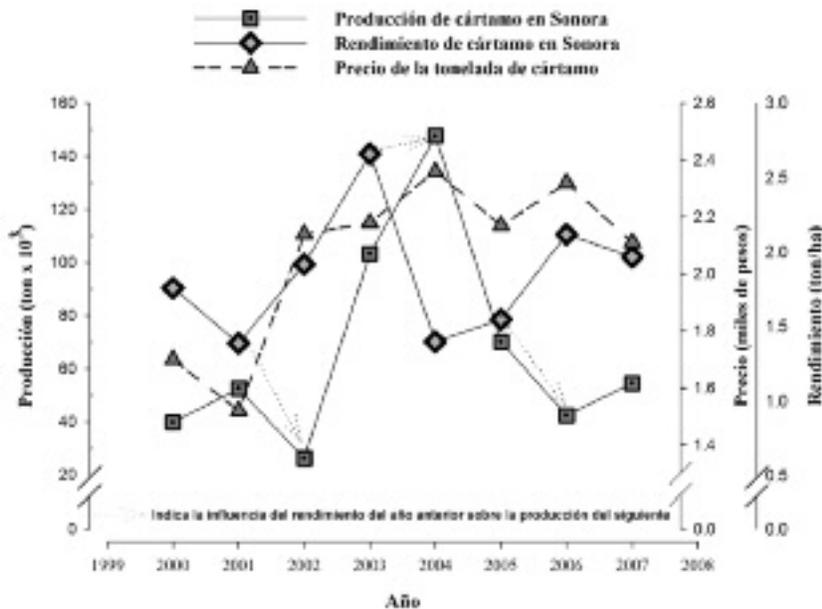
oscilación de la producción está influida también por los precios a los que se cotizó el grano. Estos dos indicadores coinciden con lo observado por los organismos nacionales comercializadores del cártamo (ASERCA, 2008). Los incrementos crecientes en la producción se corresponden con los apoyos que el gobierno ha otorgado para ese cultivo. En el ciclo primavera-verano del 2007 el programa Procampo apoyó en Sonora a 137 productores con una superficie total de 3144,74 ha (http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/3_adici_n_ing_obj_16_abril_07.doc; ASERCA, 2000; ASERCA, 2008).

En lo que respecta a la producción por distrito rural en el Estado de Sonora se observan también oscilaciones anuales; en los últimos años se han incorporado algunos distritos rurales que antes no

tenían ese cultivo. Como se puede ver en la tabla I, la mayor producción de cártamo está en los distritos de Cajeme y Navojoa, seguidos de Caborca, Hermosillo y Guaymas con muy poca superficie. En el nivel nacional se puede observar el detalle de la producción de oleaginosas y en particular la producción de cártamo en la tabla II. Esta última ha venido en aumento desde 1998, registrándose un marcado descenso en el año 2005. En el 2006, 2007 y 2008 la producción de cártamo en México fue de 73,500, 113,000 y 95,830 toneladas, respectivamente; el precio promedio de la oleaginosa en el 2008 fue de \$3,706.09 por tonelada (<http://www.siap.gob.mx>).

Existe una variación anual brusca en la producción de cártamo, la cual en parte corresponde a la oscilación de la producción mundial, pero en su

Figura 1. Producción de cártamo en Sonora (ton) y rendimiento (ton/ha) del grano durante los años 2000 al 2007.



Fuente: Datos extraídos del SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera) de SAGARPA y de "El Sector Alimentario en México" (años 2000 al 2007) de INEGI.

mayor parte es debido a la oscilación de los precios del grano, así como a la demanda del producto en el mercado nacional e internacional. En el año 2007 la producción de Sonora representó el 49.6% de la producción nacional; otros estados que tienen alta producción (entre 12% y 15%) son Jalisco, Sinaloa y Tamaulipas (<http://www.siap.gob.mx>).

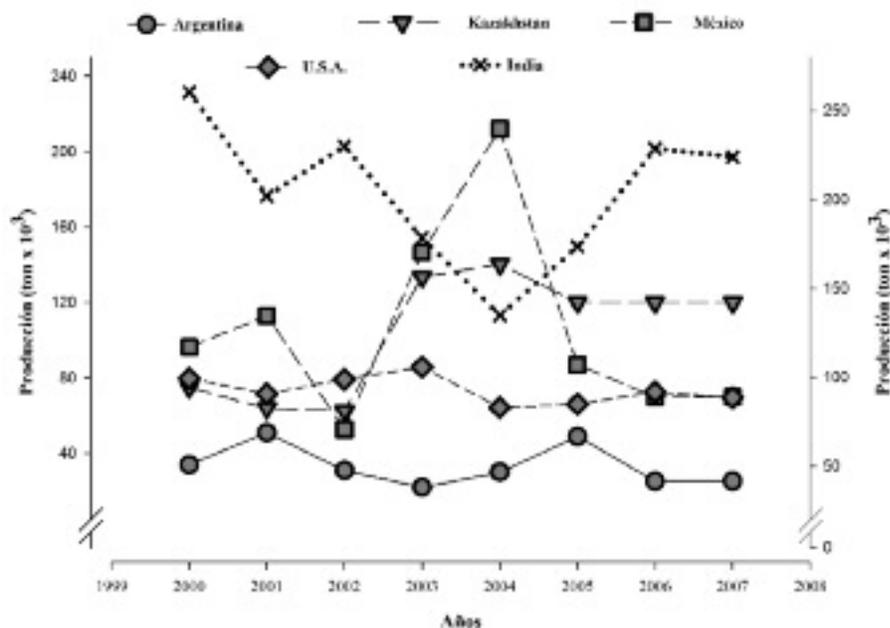
En lo que respecta a la producción mundial, en la figura 2 se puede observar que la India es el país con mayor producción de esta oleaginosa, y a Estados Unidos y México entre los países productores intermedios altos; se incluyen a Kazajistán y Argentina, debido a que están comenzando a elevar su producción. En la Argentina el cártamo se produce en las zonas áridas y semiáridas de las provin-

cias de Chaco, Jujuy y Santiago del Estero, principalmente (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar>).

Se observa además, que la producción de cártamo en México fue superior a la de India en los años 2003 y 2004; ya en los años siguientes la producción de México comenzó a decrecer en forma relativa al resto de los países mencionados (Figura 2). En Estados Unidos los estados que produjeron más cártamo en el 2006 fueron California y Montana (<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda>).

En lo que se refiere a la producción de aceite, el comercio de exportación e importación ha cambiado debido a las diferentes demandas de aceite de cártamo entre los países consumidores (Ortega y Ochoa, 2003). En los años del 2004 al 2007 la importación de aceite de cártamo en México fue

Figura 2. Producción de cártamo en miles de toneladas en países seleccionados en el período 2000-2007



Fuente: FOSTAT. En: <http://fostat.fao.org/fo/fo.asp?lang=es&lang2=es&PageID=567>

Tabla II. Producción de oleaginosas (en miles de toneladas) en México en el período 1995 a 2005.

Cultivo	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Oleaginosas	342.5*	336.9	408.8	320.2	446.8	391.6	346.1	185.2	170.7	463.6	349.0
Soya	134.4	49.1	122.5	94.1	81.2	70.0	73.7	56.5	67.9	88.8	96.1
Ajónjolí	36.7	80.3	43.0	57.8	54.3	69.7	70.9	37.4	55.6	55.6	37.7
Algodón Semilla	274.6	307.0	207.1	245.3	145.0	77.2	88.5	39.6	60.6	100.1	128.2
Cártamo	96.8	120.5	96.2	128.1	166.4	84.7	112.9	52.8	146.6	212.0	87.0
% de Cártamo**	13.3%	44.1%	16.8%	25.1%	45.9%	40.1%	44.3%	50.2%	65.3%	51.3%	25.9%

* Miles de toneladas. ** Porcentaje de cártamo en el total de las oleaginosas.

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP (SAGARPA, con datos del SIACON).

de 639, 3,012 y 7,407 toneladas, respectivamente; mientras que la exportación en esos mismos años fue de 9,233, 12,342 y 15,751 toneladas, según datos de FAOSTAT.

Aspectos agrícolas del cártamo en Sonora

En Sonora el cultivo de cártamo se realiza bajo condiciones de riego y la mayor parte de su siembra se realiza entre el 15 de noviembre y el 31 de diciembre. El ciclo vegetativo del cultivo varía según la variedad y la fecha de siembra entre 167 y 183 días (Montoya, 1998). Las variedades que más se siembran son las de tipo linoléico como Bacum 92, Sonora 92, y S-555; también se siembran las de tipo oleico como Quilantán 97 y S-518 (Camacho, 2000; Montoya y Ochoa, 2006). El Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS: <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/>) reporta 10 variedades de cártamo registradas por INIFAP, 4 variedades registradas por SeedTec y/o Grupo Aceites del Mayo y una variedad de dominio público (Gila).

En general, el cártamo requiere un riego de pre-siembra y uno o dos riegos de auxilio. Los rendimientos bajo condiciones experimentales aumen-

tan con la siembra temprana y con el número de riegos (Ortega y Montoya, 1998). El cártamo puede ser invadido por diversas malezas que reducen su rendimiento hasta en 25%, por lo que es importante mantener el cultivo libre de malezas durante los primeros 60 días después de su emergencia (ASERCA, 1994; Montoya, 1998). Existen diversas plagas como el pulgón *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) y la chinche lygus (*Lygus spp*) que atacan al cultivo, aunque no reducen su rendimiento en forma significativa. Las enfermedades como la roya (*Puccinia carthami*), el tizón foliar (*Alternaria carthami*) y en los últimos años, la falsa cenicilla (*Ramularia carthami*) pueden causar reducciones considerables en el rendimiento del cultivo (<http://www.oleaginosas.org>). Debido a que aún no se han liberado variedades resistentes a esta última enfermedad, ha habido reducciones de hasta un 30% en la producción de cártamo, sobre todo en las regiones del Valle del Yaqui y del Mayo (<http://www.siap.gob.mx>; Camarillo y col., 2003). Para combatirla, el productor debe recurrir a la aplicación de fungicidas (tales como Derosal, Sico, Flint, Opus o Folicur) desde épocas tempranas de desarrollo del cultivo, lo cual aumenta considerablemente sus costos de producción.

Tabla III. Porcentaje de extracción de aceite, contenido de ácidos oleico y linoléico y respuesta a la falsa cenicilla (*Ramularia carthami*) en nuevas variedades y líneas de cártamo.

Genotipo/Variedad	Respuesta a falsa cenicilla	Aceite(%)	Ácido oleico (%)	Ácido linoléico (%)
S-344 ¹	Susceptible	42.6	81	nd
S-518 ²	Susceptible	40.8	77.0	12.0
CIANO-LIN ²	Altamente tolerante	41.5	11.5	79.6
RC-1002-L ²	Altamente tolerante	40.5	nd	78.6
RC-1005-L ²	Altamente tolerante	41.9	nd	77.0
RC-1033-L ²	Altamente tolerante	40.8	nd	77.7
CIANO-OL ²	Medianamente tolerante	37.5	75.5	nd
Bácum 92 ²	Susceptible	37.5	18.8	75.0

¹Fuente: Gabriel Chanda Mam. *Aseor Técnico de SeedTec*, 2009. En

http://www.elperiodicodemexico.com/contenido_columnas.php?sec=Columnas-Campesinos&id=80046.

²Fuente: ANIAME, 2008.

Tabla IV. Contenido de ácidos grasos libres (AGL), valor de peróxidos (VP) y valor de *p*-anisidina (VA) en el aceite de cártamo alto en oleico.

Aceite	AGL(% ácido oleico)	VP(mEq/kg)	VA(mmol/kg)
Cruído	0.58 ^a ± 0.030	6.78 ^a ± 0.091	2.84 ^a
Desgumado	0.13 ^b ± 0.090	4.41 ^a ± 0.080	1.53 ^b
Blanqueado	0.11 ^b ± 0.050	1.54 ^b ± 0.344	4.25 ^a
Desodorizado	0.05 ^c ± 0.006	0.25 ^c ± 0.065	1.29 ^b
Recomendada (Smith, 1996)	0.03 - 0.05	0.1 - 0.5	< 2

^{a-c} Promedios con letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Fuente: Ortega-García y col., 2006.

Tabla V. Efecto del proceso de refinación sobre el contenido de tocoferoles (ppm) en el aceite de cártamo alto en oleico.

Aceite	α -Tocoferol	γ -Tocoferol	δ -Tocoferol	Tocoferoles totales
Cruído	206.48 ^a	23.94 ^a	19.39 ^a	294.81 ^a
Desgumado	196.09 ^b	21.61 ^a	17.36 ^b	235.65 ^b
Blanqueado	169.18 ^c	16.79 ^b	12.95 ^c	198.82 ^c
Desodorizado	153.37 ^d	16.39 ^b	8.94 ^d	178.70 ^d
Repetado (Smith, 1996)				300-250

^{a-d} Promedios con letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Fuente: Ortega-García y col., 2006.

Se encontraron algunas publicaciones sobre mejoramiento de cártamo (Cervantes-Martínez y col., 2001; Muñoz-Valenzuela y col., 2007) que perfilan el trabajo que aún queda por hacer en los aspectos de resistencia a las enfermedades más dañinas para el cártamo.

Calidad del aceite de cártamo

Existen dos tipos de semillas de cártamo: a) Las que producen un aceite con alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados (AGP), principalmente linoléico (variedades Bacum 92, Sonora 92, y S-555) y b) Las que producen un aceite con alto porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados

(AGM), principalmente oleico (variedades Qui-lantán 97 y S-518); ambos tipos contienen bajo porcentaje de ácidos grasos saturados. El aceite de cártamo alto en AGP contiene 75% de ácido linoléico (aceite linoléico); mientras que el alto en AGM (aceite alto oleico), presenta una concentración promedio de 78% de ácido oleico (ANIAME, 2008).

La Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles de México (ANIAME), y el Dr. Chandra Musa (Tabla III) reportan un resumen del contenido de aceite y composición en ácido oleico y linoleico de las variedades de cártamo con cierta tolerancia a la falsa cenicienta (*Ra-mularia carthami*) que se siembran actualmente.

La refinación de los aceites vegetales puede ser química o física; para refinar el aceite de cártamo alto en ácido oleico, en México se utiliza el proceso físico. La refinación física incluye tres etapas: Desgomado, blanqueo y desodorización. Cada etapa del proceso de refinación tiene funciones específicas para la eliminación de compuestos que pueden actuar como prooxidantes o antioxidantes. El desgomado elimina fosfolípidos. El blanqueo reduce las clorofilas, carotenoides y peróxidos (productos primarios de oxidación) y la desodorización elimina ácidos grasos libres, productos secundarios de oxidación (*p-anisidina*) y otros compuestos volátiles como los carotenoides y tocoferoles (Bockisch, 1998; Zschau, 2000).

Ortega-García y colaboradores en 2006, realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto de las etapas del proceso de refinación sobre la estabilidad oxidativa y contenido tocoferoles en el aceite de cártamo de la variedad S-318, alta en

ácido oleico. En su artículo reporta: La etapa de desgomado, blanqueo y desodorización eliminaron significativamente los de ácidos grasos libres, los peróxidos y *p-anisidina*, como se observa en la tabla IV. Además, se puede observar que el aceite de cártamo alto en ácido oleico refinado con el proceso físico, cumple con las normas establecidas para un aceite con estabilidad oxidativa (Norma NMX-F-161-SCFI-2006 para aceite de cártamo, 2006).

Otro grupo de componentes menores en los aceites vegetales son los tocoferoles, que son importantes por su actividad como vitaminas y por sus propiedades antioxidantes en los aceites. El contenido de tocoferoles es característico para cada aceite y depende del genotipo de la planta, las condiciones climáticas de crecimiento y de cosecha del cártamo, del contenido de ácidos grasos poliinsaturados, y de las condiciones de procesamiento y almacenamiento. Los aceites vegetales contienen cuatro tipos de tocoferoles (α -, β -, γ - y δ -tocoferol). La forma más activa es α -tocoferol, pero los otros isómeros también pueden hacer contribuciones importantes (Kamal-Eldin y Appelquist, 1996).

Con respecto a la reducción de tocoferoles durante el proceso de refinación, (Ortega-García y col., 2006) reportaron que todas las etapas de la refinación redujeron significativamente el contenido de tocoferoles. Sin embargo, las proporciones relativas de tocoferol en los aceites fueron constantes durante la refinación. Se encontró además, que el α -tocoferol es el principal componente en el aceite de cártamo alto en ácido oleico, con un 85.82 %. Por último, se muestra que la pérdida de tocoferoles totales en el aceite refinado fue de 28.5 %

(Tabla V). El perfil de ácidos grasos de este aceite de cártamo fue de 6.09% de palmítico, 2.64% de esteárico, 77.5% de oleico y 12.01% de linoléico. En lo que respecta a normas de calidad sobre cártamo hay tres normas desarrolladas en los últimos años: La NMX-FF-090-1994-SCFI es la norma de calidad de la semilla de cártamo (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1994). Esta norma está en concordancia con los tratados internacionales. De la misma forma están las normas NMX-Y-176-SCFI-2005 para pasta de cártamo para alimentación animal, y la norma NMX-F-161-SCFI-2006 para aceite de cártamo (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 2005; Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 2006).

CONCLUSIONES

La producción del cártamo en Sonora ha mostrado una gran variabilidad desde 1995 a la fecha, la cual está asociada con el precio y con la situación mundial de producción. Aunque las políticas sobre esta oleaginosa han promovido en forma consistente una mayor siembra de este grano, con los argumentos de su resistencia a la sequía, y el menor uso de agua requerido por el cultivo, la falta de resistencia a enfermedades y plagas de las variedades adaptadas para Sonora generan desaliento entre los productores. En los últimos años se ha visto crecer la exportación de esta oleaginosa y del aceite, en virtud de las variaciones que tiene su producción a escala mundial. No se han encontrado reportes oficiales sobre la producción diferenciada por variedades de semilla de cártamo linoléico y oleico; esto es quizás debido al reducido impacto de este alimento en el consumo alimentario en México. Tampoco se reporta el grado de

calidad de la producción comercial de semilla de cártamo de acuerdo a las normas vigentes.

Se considera necesario realizar mayores esfuerzos en investigación sobre variedades resistentes a las últimas enfermedades que han surgido, así como sobre manejo sustentable del cultivo. Se debe estudiar también la viabilidad de investigaciones enfocadas al valor agregado en la producción de cártamo, tales como los derivados del aceite, como es la pasta y harina de cártamo para alimentación animal, el uso de la paja de cártamo, las características de flores y semillas para alimentación de aves, y productos nutracéuticos derivados del aceite.

AGRADECIMIENTO

Este escrito surgió de un proyecto de investigación interno titulado "Estudio Preliminar para un Sistema de Información Postcosecha de Calidad e Inocuidad de Cártamo en Sonora" con clave CA07-BS06. Para el desarrollo de este proyecto se recibió apoyo por parte de la Dirección de Investigación y Posgrado, así como de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud y del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora.

REFERENCIAS

- ASERCA. 2008. Programa de Apoyos Directos al Campo. Claridades Agropecuarias 165, 19-71. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, *Revista "Claridades Agropecuarias"*, México, D.F.
- ASERCA. 2000. El Cártamo en Procampo. Claridades Agropecuarias 86, 32-33. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria,

- Revista "Claridades Agropecuarias"*, México, D. F.
- ASERCA_b. 2000. Oferta y Demanda Mundiales de Cártamo. *Claridades Agropecuarias* 86, 42-44. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, *Revista "Claridades Agropecuarias"*, México, D. F.
- ASERCA. 1994. La producción de cártamo en México. *Claridades Agropecuarias* 11, 4-14. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, *Revista "Claridades Agropecuarias"*, México, D.F.
- ANIAME. 2008. Tecnología para producir oleaginosas en México. Presentación ante INIFAP en los 50 años de la Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles de México (ANIAME). En: www.aniname.com.mx/forode analisis/conferencias/primer_sesion02_pedro_brajcich.pdf
- Camacho-Casas, M.A. 2000. Descripción de las variedades desarrolladas por el CIANO, triticale, cebada, maíz, soya, cártamo, ajonjolí y garbanzo. Publicación especial. Boletín CIANO 39, p. 44. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui, Ciudad Obregón, Sonora, México.
- Camarillo, P.M., Valenzuela, P.J.A., Guzmán, R.S.D. 2002. Guía para producir cártamo en los Valles de Mexicali, Baja California y San Luis Rio Colorado, Sonora. Folleto para productores 35. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle de Mexicali. Mexicali, Baja California, México.
- Cervantes-Martínez, J.E., Rey-Ponce, M., Velázquez-Cágal, M. 2001. Evaluation of accessions from world collection of safflower for *Alternaria* incidence and seed oil content. Presented at Fifth International Safflower Conference Proceedings. Germplasm Abstracts. Sidney, Montana, USA, Julio 23-27.
- Dennis, R.E., Rubis, D.D. 1966. Safflower Production in Arizona. University of Arizona, Extension Service & Agricultural Experimental Station, Bulletin A-47, 1-24. Tucson, AZ., U.S.A.
- INEGI_a, 1995-2007. Anuario Estadístico del Estado de Sonora. Ediciones 1998 al 2007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags., México.
- Kaffka, S.R., Kearney, T.E., Knowles P.D., Millar, M.D. 2000. Safflower production in California. UC Agriculture & Natural Resources Publication 21565, DANR Communication Services, University of California, Oakland, CA, USA.
- Kamal-Eldin, A. and Appelquist, L. 1996. The Chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols, *Lipids*. 31 (7), 671-701.
- Knowles, P.F. 1989. Safflower, In: Oil crops of the world. G. Röbbelen, R.K. Downe, A. Ashri, (Ed.), p. 363-374. McGraw-Hill, New York.
- Knowles, P.F. 1991. Global perspectives of safflower. In: Proceedings Second International Safflower Conference, V. Ranga Rao, M. Ramachandran, (Ed.), p. 13-16. Indian Society of Oilseeds Research, Directorate of Oilseeds Research, Hyderabad, India.
- Li, D., Mündel, H.H. 1996. Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Ch. 7 in Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Montoya, C.L. 1998. Guía para producir cártamo en Sonora. Folleto para productores 30. INI-

- FAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui, Ciudad Obregón, Sonora, México.
- Montoya, C.L., Ochoa, B.F. 2006. Guía para producir cártamo en Sonora. Folleto para productores 37. INIFAP, Campo Experimental Sur de Sonora. Ciudad Obregón, Sonora, México.
- Muñoz-Valenzuela, S., Chanda-Musa, G., Montoya-Coronado, L., Rivera-Rojas, V. M. 2007. Evaluation of safflower genotypes in Northwest Mexico. In: Issues in new crops and new uses. J. Janick and A. Whipkey (Ed.), p. 193-196. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Musa, G. L. C. 1993. Safflower production and research in Mexico. *Sesame and Safflower Newsletter* 8, 109-112.
- Musa, G.L.C. and Muñoz, V.S. 1990. Registration of Quiriego 88' safflower. *Crop Science* 30, 961.
- Ortega, M.P. y Montoya, C.L. 1998. Cártamo para la costa de Hermosillo. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Costa de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México.
- Ortega, R.C. y Ochoa B.R. 2003. El cártamo, una oleaginosa para el mercado de exportación. *Revista Claridades Agropecuarias* 114: 3-16.
- Ortega-García, J., Gámez-Meza, N., Noriega-Rodríguez, J.A., Dennis-Quiñonez, O., García-Galindo, H.S., Angulo-Guerrero, J.O., Medina-Juárez, L.A. 2006. Refining of high oleic safflower oil: Effect on the sterols and tocopherols content. *European Food Research and Technology* 223(6): 775-779.
- Rahamatalla, A. B., Babiker, E. E., Krishna, A.G., El Tinay, A. H. 2001. Changes in fatty acids composition during seed growth and physicochemical characteristics of oil extracted from four safflower cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition* 56: 385-395.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1994. Norma Mexicana: NMX-FF-090-1994-SCFI. Productos no industrializados para uso humano-Oleaginosas-Cártamo (*Carthamus Tinctorius L.*)-Especificaciones y métodos de prueba. Dirección General de Normas.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 2005. Norma Mexicana: NMX-Y-176-SCFI-2005. Alimentos para animales-Pasta de Cártamo-Especificaciones de calidad. Dirección General de Normas.
- Smith, J.R. 1996. Safflower. P. 357-360. AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Zschau, W. 2000. Bleaching. In: Introduction to fats and oils technology. R.D. O'Brien, W. Farr W., P. Wan (Ed.), 2nd. edition. p. 215-235. AOCS Press, Champaign, Illinois.