

Efecto de la fecha de siembra sobre el potencial forrajero de cultivares primaverales de canola en la Comarca Lagunera, México

H. Sánchez-Martínez¹, D.G. Reta-Sánchez^{2,*}, J.S. Serrato-Corona³,
U. Figueroa-Viramontes², J.A. Cueto-Wong² y E. Castellanos-Pérez³

¹ Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 101, Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, Ejido 6 de octubre, Gómez Palacio, Durango, México. CP 35101

² Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila, México, CP 27440

³ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Domicilio Conocido, Ejido Venecia Dgo. Apdo. Postal 1-142. CP 35111, Gómez Palacio, Durango, México

Resumen

Las temperaturas altas y los fotoperiodos largos en siembras tempranas pueden reducir el potencial forrajero de la canola. Se realizó un experimento de campo en Matamoros, Coahuila, México, durante dos ciclos 2013-2014 y 2014-2015, para evaluar la respuesta de seis cultivares de canola o colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) a cuatro fechas de siembra temprana (2 y 19 de septiembre; 4 y 19 de octubre). Se determinó la composición química y los rendimientos de materia seca, proteína bruta y energía neta de lactación en el forraje. Los cultivares de canola fueron afectados por los ciclos de crecimiento y fechas de siembra. La reducción de la temperatura ambiental y el fotoperiodo, debido al retraso en la fecha de siembra, alargó el ciclo de la canola; lo cual provocó cambios en la composición química del forraje y aumentos en los rendimientos de materia seca y nutrientes. Los mayores rendimientos de materia seca (6036 a 8599 kg ha⁻¹), proteína bruta (1081 a 1308 kg ha⁻¹) y energía neta de lactación (38209 a 45281 MJ ha⁻¹) ocurrieron en los cultivares IMC 205, Hyola 401 y Ortegón en las siembras del 4 y 19 de octubre. En la fecha del 19 de septiembre, los rendimientos de materia seca disminuyeron entre 18,5 y 28,6%. Sin embargo, los rendimientos de proteína bruta y energía neta de lactación se mantuvieron entre los cultivares. Por lo tanto, se concluyó que en las condiciones locales el mayor potencial forrajero de canola se obtuvo en siembras tempranas cuando el cultivo se sembró entre el 19 de septiembre y el 19 de octubre. Estos resultados pueden servir de orientación para localidades de climas similares.

Palabras clave: Temperatura, fotoperiodo, composición química, rendimiento de forraje, nutrientes.

Abstract

Effect of sowing date on forage potential of spring canola cultivars in the Comarca Lagunera, Mexico

High temperatures and long photoperiods may reduce the potential of canola forage production in a system of early sowing. A field experiment was conducted in Matamoros, Coahuila, Mexico, during two growing seasons (2013-2014 and 2014-2015) to evaluate the response of six spring cultivars of canola

* Autor para correspondencia: reta.david@inifap.gob.mx

<https://doi.org/10.12706/itea.2018.014>

(*Brassica napus* L. var. *oleifera*) to four early sowing dates (September 2 and 19; October 4 and 19). Chemical composition and yields of dry matter, crude protein and net energy for lactation were determined. Canola cultivars were affected by the growing seasons and sowing dates. The reduction of the environmental temperature and photoperiod, due to the delay in planting date, lengthened the canola cycle; which caused changes in the chemical composition of the forage and increases in dry matter and nutrients yield. The greater yields of dry matter (6036 to 8599 kg ha⁻¹), crude protein (1081 to 1308 kg ha⁻¹), and net energy for lactation (38209 to 45281 MJ ha⁻¹) occurred in the cultivars of IMC 205, Hyola 401 and Ortegon in the sowing dates of October 4 and 19. On the planting date of September 19, dry matter yield decreased by 18.5-28.6%. However, crude protein and net energy for lactation yields were maintained among cultivars. Therefore, it was concluded that in the tested conditions the highest canola forage potential was obtained in early sowing when the crop was planted between September 19 and October 19. These results can serve as guideline for locations with similar climatic conditions.

Keywords: Temperature, photoperiod, chemical composition, forage, nutrients yield.

Introducción

La producción de leche de bovino en la Comarca Lagunera de México es una de las principales actividades económicas. En la región, los principales patrones de cultivo están constituidos por maíz, sorgo y avena, con los cuales se produce una gran parte del forraje requerido por el ganado. Sin embargo, la escasa disponibilidad de agua, la salinidad en el suelo, la alta temperatura ambiental y un número limitado de cultivos forrajeros (Santamaría César et al., 2006), obligan a técnicos y productores a buscar especies alternativas que permitan el establecimiento de nuevos sistemas de producción.

Una especie alternativa es la canola o colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), que puede ser usada como ensilado o heno para alimentar rumiantes debido su palatabilidad y bajos niveles de rechazo (Sánchez Duarte et al., 2011; Kincaid et al., 2012). La canola produce rendimientos de materia seca (MS) entre 5952 y 11196 kg ha⁻¹ (Chapman et al., 2009; Cruz Chairez et al., 2012; Reta-Sánchez et al., 2016) y posee una productividad del agua (PA) superior a la reportada en avena (Cruz Chairez et al., 2012; Reta Sánchez et al., 2015). Su forraje se caracteriza por contenidos de proteína bruta (PB) que fluctúan de 116 a 281 g

kg⁻¹ (Sincik et al., 2007; Gholamhoseini et al., 2012; Reta-Sánchez et al., 2016), con concentraciones de fibra neutro detergente (FND) de 357 a 492 g kg⁻¹ (Chapman et al., 2009; Gholamhoseini et al., 2012; Reta Sánchez et al., 2016). Además, la canola es tolerante a bajas temperaturas (Fiebelkorn y Rahman, 2016), salinidad moderada de los suelos (Purty et al., 2008) y es precoz para la producción de forraje (Reta Sánchez et al., 2016).

Las características agronómicas y potencial forrajero de la canola sugieren que puede integrarse a los patrones forrajeros tradicionales en la Comarca Lagunera de México, en sustitución de la avena (Reta Sánchez et al., 2015), o bien en sistemas de producción con doble cosecha en otoño-invierno y una en primavera (Reta Sánchez et al., 2016). En ambas opciones es deseable sembrar la canola en fechas tempranas (septiembre y octubre) para permitir el establecimiento del siguiente cultivo de invierno durante finales de noviembre y diciembre, o en marzo en el ciclo de primavera, con lo cual es posible aumentar el potencial de rendimiento de los sistemas de producción forrajeros. Sin embargo, es necesario generar información sobre el comportamiento de la canola para forraje en siembras tempranas ya que existe poca información sobre el tema.

En la Comarca Lagunera de México, frecuentemente, durante septiembre y octubre las temperaturas máximas promedio alcanzan entre 27,2 y 29,3 °C, y el fotoperiodo es mayor a 12,00 horas (12,20 a 12,60 horas); ambos factores aceleran el ciclo de crecimiento del cultivo y reducen su rendimiento de MS (Reta-Sánchez et al., 2016). La temperatura óptima reportada para crecimiento y desarrollo en canola es alrededor de 20 °C (Khatourians et al., 2001; Robertson et al., 2002); mientras que en cuanto al fotoperiodo, la canola se comporta como una planta de días largos, con una respuesta positiva en la tasa de desarrollo en el rango de 12 a 16 horas (Robertson et al., 2002). El objetivo del estudio fue determinar la respuesta de seis cultivares primaverales de canola para forraje a cuatro fechas de siembra temprana en la Comarca Lagunera de México.

Material y métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Matamoros, Coahuila, México (25 32' N, 103 14' O y 1150 m sobre el nivel del mar), en un suelo arcilloso. El sitio experimental tiene suelos profundos (> 1,8 m), con valores de disponibilidad de agua de 150 mm m⁻¹ (Santamaría César et al., 2008), un contenido de C orgánico de 0,75% (Santamaría César et al., 2006) y un valor de pH de 8,14. La preparación de la cama de siembra se realizó con un paso de arado a 0,30 m de profundidad, seguido de doble rastreo y nivelación.

La dosis de fertilización de N y P se calculó considerando su disponibilidad en el suelo y la capacidad de extracción de canola para un rendimiento medio de MS de 8132 kg ha⁻¹, con una concentración de N en el forraje de 32,0 g kg⁻¹ (Reta Sánchez et al., 2015; Reta Sánchez et al. 2016) y 3,0 g kg⁻¹ de P (Brennan

y Bolland, 2001). Los requerimientos estimados del cultivo fueron de 260 kg N ha⁻¹ y 55 kg P₂O₅ ha⁻¹. Al considerar que el análisis de suelo a una profundidad de 0,3 m indicó una disponibilidad por hectárea de 31,5 kg de N y 26,8 kg de P₂O₅, se aplicaron 250 kg N ha⁻¹ y 100 kg de P₂O₅ para satisfacer los requerimientos del cultivo. Antes de la siembra, cada parcela experimental se fertilizó de forma manual con 75 kg N ha⁻¹ (sulfato de amonio) y 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (fosfato monoamónico); posteriormente, se aplicaron 87,5 kg N ha⁻¹ antes del primero y segundo riego, utilizando sulfato de amonio granulado. No se aplicó fertilizante potásico debido a que los suelos en la región presentan un alto contenido de potasio disponible, con valores promedio de 3030 kg ha⁻¹ a 0,30 m de profundidad (Santamaría César et al., 2006).

En los ciclos otoño-invierno 2013-2014 y 2014-2015 se evaluaron cuatro fechas de siembra y seis cultivares primaverales de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en arreglo de parcelas subdivididas. Las parcelas grandes correspondieron a los ciclos, las sub-parcelas a las fechas de siembra y las sub-sub-parcelas a los cultivares. Las fechas de siembra fueron: 2 de septiembre, 19 de septiembre, 4 de octubre y 19 de octubre. Los cultivares fueron los siguientes: variedad IMC 205 (Inter. Mountain Cargill), el híbrido Hyola 401 (Interstate Seed Co.) y las variedades Canorte, Ortegón, Aztecan y Canomex del INIFAP.

La siembra se hizo manualmente en suelo seco. El mismo día de la siembra se aplicó un riego con una lámina de 150 mm. Entre 7 y 9 días después de la siembra (dds) se aplicó un riego de 60 mm de lámina para facilitar la emergencia de plántulas. El área experimental fue irrigada mediante un sistema de tubos de plástico PVC con compuertas. Las parcelas experimentales fueron de 6 surcos de 5,0 m de longitud con un distanciamiento de 0,38

m. Las mediciones se hicieron en cuatro surcos centrales en un tramo con longitud de 3,0 m (4,56 m²). En la siembra se utilizaron 12 kg ha⁻¹ de semilla certificada, con 303000 a 355000 semillas kg⁻¹ y un porcentaje de germinación entre 80 y 90%. Posteriormente se realizó un aclareo de plantas para dejar una densidad de población de 120 plantas m⁻².

Para satisfacer los requerimientos de agua de los cultivares con diferentes ciclos de crecimiento, se aplicaron tres riegos en cada fecha de siembra con una lámina de 120 mm. En el ciclo 2013-2014, los riegos se aplicaron a los 32, 46 y 56 dds en la primera, a los 29, 48 y 58 dds en la segunda, a los 32, 52 y 66 dds en la tercera y a los 38, 65 y 77 dds en la cuarta fecha de siembra. En el ciclo 2014-2015, los riegos se aplicaron a los 34, 46 y 56 dds en la primera fecha de siembra, a los 30, 48 y 63 dds en la segunda, a los 33, 54 y 68 dds en la tercera y a los 39, 66 y 82 dds en la cuarta fecha de siembra. El control de maleza se hizo de forma manual con azadón.

La cosecha se llevó a cabo cuando los cultivares alcanzaron el final de floración (etapa 4,4) (Harper y Berkenkamp, 1975). En el ciclo 2013-2014 los cultivares Aztecan, Ortegón, Canorte y Canomex se cosecharon a los 66, 68, 78 y 83 dds en la primera, segunda, tercera y cuarta fecha de siembra, respectivamente; mientras que en el ciclo 2014-2015 esto ocurrió a los 70, 71, 80 y 89 dds en el mismo orden de fechas de siembra. En los cultivares IMC 205 y Hyola 401 la cosecha se realizó a los 71, 74, 83 y 96 dds en el primer ciclo, mientras que en el segundo, se hizo a los 77, 78, 87 y 96 dds, en la primera, segunda, tercera y cuarta fecha de siembra, respectivamente.

En la cosecha se determinaron los rendimientos de forraje fresco y de MS. El contenido de MS se determinó en una muestra de 0,57 m² tomada al azar de la muestra usada para las mediciones. Para ello, se muestrearon 0,5 m de longitud de tres de los surcos centrales de

cada parcela. Las plantas muestreadas fueron secadas a 60 °C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de MS se determinó multiplicando el rendimiento de forraje fresco por el contenido de MS de cada parcela.

Las plantas muestreadas para estimar el contenido de MS fueron también usadas para determinar la composición química del forraje en términos de proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y energía neta de lactación (EN_L). Las plantas fueron molidas con un molino Wiley® (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) con malla de 1 mm. Las muestras fueron analizadas de acuerdo con el procedimiento descrito por Van Soest *et al.* (1991) para FND y FAD, y con el método Kjeldahl para N (Bremner, 1996). El contenido de EN_L se estimó de acuerdo con la metodología del Consejo Nacional de Investigación (NRC, 2001). Los rendimientos de PB y EN_L por hectárea se obtuvieron al multiplicar los contenidos de PB y EN_L por el rendimiento de MS de cada parcela experimental.

Se realizó un análisis combinado de los datos utilizando un diseño experimental de parcelas subdivididas, donde las parcelas principales fueron los ciclos, las sub-parcelas las fechas de siembra y las sub-sub-parcelas los cultivares. En cada ciclo de crecimiento se realizaron análisis de varianza ($P \leq 0,05$) para las siguientes variables: rendimientos de MS, PB y EN_L, y concentraciones de PB, FAD, FND y EN_L. Para comparar las medias se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa protegida de Fisher ($P \leq 0,05$). Se hicieron análisis de regresión lineal simple ($P \leq 0,05$) para determinar la relación entre temperatura media y el ciclo de crecimiento, ciclo de crecimiento con rendimiento de MS, y temperaturas mínima y máxima con rendimiento de MS. El análisis de la información se efectuó con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2011).

Resultados y discusión

El análisis combinado de los datos indica que en la mayoría de las variables evaluadas las interacciones ciclo x fecha de siembra y ciclo x cultivar fueron significativas ($P < 0,05$; Tabla 1), es por ello los datos se analizaron separadamente por ciclo.

Clima durante el ciclo

En los dos ciclos de crecimiento, con el retraso de la fecha de siembra del 2 de septiembre al 19 de octubre, las temperaturas promedio máximas y mínimas se redujeron, la evaporación potencial se incrementó, mientras que la lluvia fue mayor en las dos primeras fechas

Tabla 1. Valores de probabilidad de un análisis de varianza combinado para composición química del forraje y rendimientos de materia seca (MS) y nutrientes de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México
 Table 1. Probability values of a combined analysis of variance for chemical composition of forage and yields of dry matter (DM) and nutrients of six cultivars of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico

	Significancia (P valor)			
	Ciclo x FS [†]	Ciclo x Cultivar	FS x Cultivar	Ciclo x FS x Cultivar
PB (g kg ⁻¹)	0,0003	0,0003	0,0072	0,0029
FND (g kg ⁻¹)	0,0208	0,1143	0,6307	0,2705
FAD (g kg ⁻¹)	0,0001	0,2150	0,0828	0,5277
EN _L (MJ kg ⁻¹ MS)	0,0001	0,2150	0,0827	0,5288
Rendimiento de MS (kg ha ⁻¹)	<0,0001	0,0035	<0,0001	<0,0001
Rendimiento de PB (kg ha ⁻¹)	<0,0001	0,2730	0,0148	<0,0001
Rendimiento de EN _L (MJ ha ⁻¹)	<0,0001	0,8441	<0,0001	0,0001

[†] FS: fecha de siembra; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; EN_L: energía neta de lactación.

de siembra (Tabla 2). El fotoperiodo inicial fue de 12,60; 12,20; 11,83 y 11,48 horas para las fechas de siembra del 2 de septiembre, 19 de septiembre, 4 de octubre y 19 de octubre, respectivamente.

La temperatura media del ciclo 2014-2015 durante las tres primeras fechas de siembra fue menor a la del ciclo 2013-2014, debido a los valores menores de la temperatura mínima. Las diferencias de temperaturas míni-

mas promedio por fecha de siembra oscilaron entre 1,2 y 1,6 °C, con los mayores valores en las fechas de 19 de septiembre y 4 de octubre. Las temperaturas máximas promedio en las cuatro fechas de siembra fueron similares entre sí en los dos ciclos evaluados. La humedad relativa fue menor en el segundo ciclo de crecimiento, mientras que la evaporación potencial y la lluvia total ocurrida durante el ciclo total, y en cada fecha de siembra fue mayor en el primer ciclo (Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones climatológicas durante el desarrollo de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México
 Table 2. *Weather conditions during development of six cultivars of canola (Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico

Ciclo	Fecha de siembra	Temperatura (°C)					HR [†] (%)	Epan (mm)	Lluvia (mm)
		Media máxima	Media mínima	Media					
2013-2014	1 (2 sept-12 nov)	29,3	16,4	22,6	56,2	347	159		
	2 (19 sept-2 dic)	27,2	13,3	20,0	58,8	349	127		
	3 (4 oct-26 dic)	25,4	10,8	17,8	54,8	392	94		
	4 (19 oct-23 ene)	22,9	7,9	15,2	56,4	450	61		
Ciclo completo	2 sept-23 ene	25,5	11,3	18,2	56,0	684	195		
2014-2015	1 (2 sept-18 nov)	29,1	15,2	22,0	51,1	391	82		
	2 (19 sept-6 dic)	27,4	11,8	19,4	50,0	404	58		
	3 (4 oct-30 dic)	25,8	9,2	17,2	49,1	445	28		
	4 (19 oct-23 ene)	23,3	8,1	15,4	53,8	467	40		
Ciclo completo	2 sept-23 ene	26,0	11,1	18,3	51,7	709	95		

[†] HR: humedad relativa; Epan: evaporación del tanque evaporímetro.

Rendimiento de materia seca

En los dos ciclos de evaluación se encontró diferencia significativa ($P \leq 0,05$) para la interacción cultivar x fecha de siembra en el rendimiento de MS (Tabla 3). En el ciclo 2013-2014, el rendimiento de MS se incrementó en todos los cultivares con el retraso de la siembra, mostrando mayor rendimiento ($P \leq 0,05$) los cultivares IMC 205 (8222 kg ha⁻¹), Hyola 401 (7922 kg ha⁻¹) y Ortegón (6965 kg ha⁻¹) (Tabla 4).

La interacción cultivar x fecha de siembra puede ser explicada por el mayor rendimiento de MS del cultivar IMC 205 a partir de la fecha de siembra del 19 de septiembre, además del mayor incremento del rendimiento en Hyola 401 en la última fecha de siembra ($P \leq 0,05$). Las fechas de siembra del 4 y 19 de octubre produjeron los mayores rendimientos de MS ($P \leq 0,05$) en los cultivares más tardíos (71 a 96 dds), Hyola 401 e IMC 2015. Los cultivares con mayor precocidad (66 a 83 días), Aztecan, Canomex, Canorte y Ortegón obtuvieron rendimientos de MS similares entre sí ($P > 0,05$) en las cuatro fechas de siembra; sólo se observó una reducción en Canomex en la fecha del 4 de octubre, y un mayor rendimiento ($P \leq 0,05$) en Ortegón en la fecha del 19 de octubre. Los menores rendimientos de MS ($P \leq 0,05$) se presentaron en las dos fechas de septiembre, con reducciones de rendimiento respecto a las siembras de octubre de 23,6 a 43,2% el 2 de septiembre, y de 18,5 a 28,6% en 19 de septiembre (Tabla 4).

En el ciclo 2014-2015, los rendimientos de MS obtenidos (3933 a 6036 kg ha⁻¹) fueron menores a los observados en el ciclo 2013-2014 (4485 a 8599 kg ha⁻¹), con una reducción significativa en las fechas de siembra del 4 y 19 de octubre. Debido a esto, las ventajas en rendimiento de MS de las fechas de octubre respecto a las de septiembre observadas en el primer ciclo, no ocurrieron en el segundo (Tabla 5).

Bajo las condiciones ambientales del ciclo 2014-2015, el cultivar con mayor rendimiento ($P \leq 0,05$) fue la variedad IMC 205, el cual obtuvo rendimientos de MS estadísticamente iguales ($P > 0,05$) en todas las fechas. El híbrido Hyola 401 y la variedad Ortegón también mostraron un comportamiento sobresaliente, sólo que en ellos el rendimiento de MS sí se incrementó con el retraso de la fecha de siembra; el primero obtuvo los mayores rendimientos ($P \leq 0,05$) en las fechas de siembra del 4 y 19 de octubre, mientras que en Ortegón el rendimiento alcanzó su mayor valor el 19 de septiembre, para ya no reducirse en las siembras de octubre ($P > 0,05$) (Tabla 5).

La fecha de siembra redujo el ciclo de la canola entre 12 y 18 días con diferencias entre cultivares de entre 5 y 13 días (Figura 1a). El rendimiento de MS fue menor ($P \leq 0,05$) en las fechas de siembra de septiembre y en los cultivares precoces de canola (Tablas 4 y 5), debido a la reducción de su ciclo de crecimiento (Figura 1b). Varios estudios asocian la disminución del ciclo de crecimiento en canola con el fotoperiodo (Robertson *et al.*, 2002) y las altas temperaturas (Khachatourians *et al.*, 2001; Robertson *et al.*, 2002). En el presente estudio, estos dos factores fueron probablemente los principales responsables de la variación en la duración del ciclo de crecimiento y la producción de MS de la canola por efecto de la fecha de siembra.

Los ciclos de crecimiento más cortos y los menores rendimientos de MS ($P \leq 0,05$) registrados en las dos fechas de siembra de septiembre, se relacionaron con las mayores temperaturas máximas (27,2-29,3 °C) y mínimas (11,8-16,4 °C), así como a fotoperiodos superiores a 12,0 horas en el inicio del ciclo (12,2-12,6 horas). Por el contrario, los ciclos de crecimiento más largos y los mayores rendimientos de MS en las fechas de siembra de octubre (Figuras 1a y 1b), se asociaron a las menores temperaturas máximas (22,9-25,8 °C) y mínimas (7,9-10,8 °C) ($P \leq 0,05$) registradas durante el pe-

Tabla 3. Valores de probabilidad en los análisis de varianza para las variables medidas en seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) establecidos en cuatro fechas de siembra (Fs) durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México
 Table 3. Probability values in the analyses of variance for measured variables of six cultivars of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four sowing dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico

Efecto	PB [†]	FND	FAD	EN _L	RdMS	RdPB	RdEN _L
2013-2014							
Cultivar x Fs	0,0003 **	0,4439 NS	0,4410 NS	0,4384 NS	0,0001 **	0,0001 **	0,0001 **
Cultivar	0,0004 **	0,3322 NS	0,2293 NS	0,2298 NS	0,0001 **	0,0001 **	0,0001 **
Fs	0,0012 **	0,0150 *	0,0216 *	0,0215 *	0,0001 **	0,0001 **	0,0002 **
CV	6,39	10,02	8,35	6,08	6,41	8,77	8,38
2014-2015							
Cultivar x Fs	0,0304 *	0,4363 NS	0,0966 NS	0,0963 NS	0,0010 **	0,0443 *	0,0002 **
Cultivar	0,6835 NS	0,0426 *	0,0275 *	0,0275 *	0,0001 **	0,0001 **	0,0001 **
Fs	0,0975 NS	0,0242 *	0,2105 NS	0,2107 NS	0,0021 **	0,0003 **	0,0076 **
CV	10,07	9,46	7,86	4,68	6,40	11,96	7,71

[†] PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; EN_L: energía neta de lactación; RdMS: rendimiento de materia seca; RdPB: rendimiento de proteína bruta; RdEN_L: rendimiento de energía neta de lactación; *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01; NS: no significativo (P > 0,05); CV: coeficiente de variación.

Tabla 4. Rendimiento de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y energía neta de lactación (EN_L) de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante el ciclo 2013-2014 en Matamoros, Coahuila, México
 Table 4. Yield of dry matter (DM), crude protein (CP) and net energy for lactation (NE_L) of six cultivars of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four dates during 2013-2014 season at Matamoros, Coahuila, Mexico

Fecha de siembra	Cultivar					
	Hyola 401	IMC 205	Aztecan	Canomex	Canorte	Ortegón
Rendimiento de MS (kg ha ⁻¹)						
2 sept	5134 c A †	4884 c AB	4606 d AB	4557 b B	4904 b AB	4485 c B
19 sept	5654 c B	6703 b A	5317 c BC	5055 b C	5237 b BC	5247 b BC
4 oct	6964 b B	8599 a A	6628 a B	5941 a C	6423 a BC	6954 a B
19 oct	7922 a A	8222 a A	5913 b C	6285 a C	6358 a C	6965 a B
Rendimiento de PB (kg ha ⁻¹)						
2 sept	820 c A	757 c A	812 b A	774 c A	792 c A	712 d A
19 sept	1063 ab B	1224 ab A	993 a BC	915 b C	914 bc C	878 c C
4 oct	992 b BC	1154 b A	1032 a ABC	965 b C	981 b BC	1099 b AB
19 oct	1176 a BC	1308 a A	958 a D	1138 a C	1122 a C	1275 a AB
Rendimiento de EN _L (MJ ha ⁻¹)						
2 sept	30478 c A	26761 c AB	27109 c AB	27463 b AB	27090 c AB	25379 c B
19 sept	33399 bc B	38541 b A	32047 b B	29941 ab B	30367 bc B	30383 b B
4 oct	37110 ab BC	45281 a A	36890 a BC	33388 a C	35707 a BC	38618 a B
19 oct	41847 a A	42988 ab A	28399 bc D	33350 a BC	32151 ab CD	37287 a B

† Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes (P ≤ 0,05); letras minúsculas, son para comparación entre fechas de siembra en cada columna, y las mayúsculas para comparación entre cultivares en cada fila.

Tabla 5. Rendimiento de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y energía neta de lactación (EN_L) de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante el ciclo 2014-2015 en Matamoros, Coahuila, México
 Table 5. Yield of dry matter (DM), crude protein (CP) and net energy for lactation (NE_L) of six cultivars of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four dates during 2014-2015 season at Matamoros, Coahuila, Mexico

Fecha de siembra	Cultivar					
	Hyola 401	IMC 205	Aztecan	Canomex	Canorte	Ortegón
Rendimiento de MS (kg ha ⁻¹)						
2 sept	5163 bc A †	5584 a A	4489 b B	3933 b C	4313 b BC	4670 b B
19 sept	4805 c B	5618 a A	5214 a AB	4833 a B	4760 b B	5490 a A
4 oct	5647 ab A	6015 a A	4486 b B	4623 a B	4851 b B	5590 a A
19 oct	5803 a AB	6036 a A	5416 a BC	5048 a C	5476 a BC	5476 a BC
Rendimiento de PB (kg ha ⁻¹)						
2 sept	843 b AB	870 c A	768 b ABC	719 a BC	651 c C	844 b AB
19 sept	897 b AB	927 bc A	923 a A	867 a AB	756 bc B	962 ab A
4 oct	945 b A	1081 a A	746 b BC	736 a C	879 b BC	890 ab B
19 oct	1101 a A	1028 ab A	981 a AB	831 a B	1040 a A	1022 a A
Rendimiento de EN _L (MJ ha ⁻¹)						
2 sept	33077 ab A	33375 b A	25745 b BC	24101 b C	24959 c BC	28006 b B
19 sept	29658 b C	34045 b A	33057 a AB	29996 a BC	28514 bc C	33696 a A
4 oct	34457 a B	38209 a A	25529 b E	28351 a DE	29498 ab CD	32037 a BC
19 oct	34927 a AB	36422 ab A	31183 a C	30172 a C	32920 a BC	32621 a BC

† Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$); letras minúsculas, son para comparación entre fechas de siembra en cada columna, y las mayúsculas para comparación entre cultivares en cada fila.

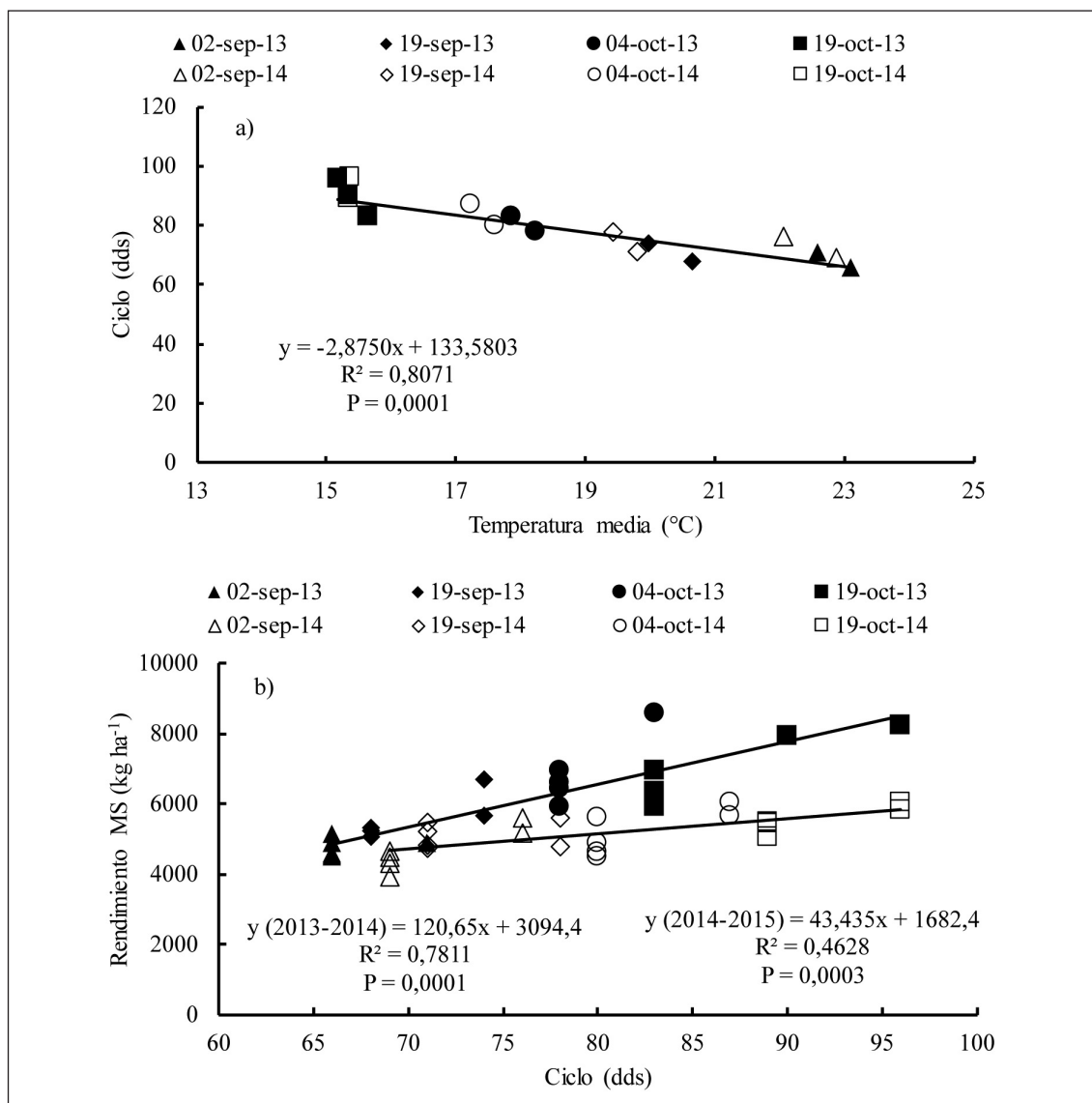


Figura 1. Relación entre la temperatura media y el ciclo de crecimiento (a), y entre el ciclo de crecimiento y el rendimiento de materia seca (MS) (b) de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México.

13: 2013; 14: 2014; dds: días después de la siembra; P: probabilidad de que la pendiente de la recta de regresión sea significativamente diferente de cero.

Figure 1. Relationship between mean temperature with growing cycle (a), and between growing cycle with dry matter (DM) yield (b) of six cultivars of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico.

13: 2013; 14: 2014; dds: days after sowing; P: probability that linear regression slope is significantly different from zero.

ríodo de crecimiento (Figuras 2a y 2b), las cuales fueron más cercanas a las temperaturas óptimas alrededor de 20,0 °C reportadas para canola (Khachatourians et al., 2001; Robertson et al., 2002). Probablemente también el ciclo de crecimiento más largo en estas fechas tardías se relacionó al fotoperíodo menor a 12,0 horas al inicio del ciclo (11,48-11,83 horas), el cual es menor al crítico requerido para la diferenciación floral (Robertson et al., 2002).

Dado que las temperaturas máximas durante el ciclo de crecimiento del cultivo fueron similares en los dos ciclos de evaluación (Figura 2b), la variación en rendimiento de MS entre años se relacionó a la menor temperatura mínima en el segundo ciclo (2014-2015), principalmente en las tres primeras fechas de siembra (Figura 2a). Esta disminución de la temperatura mínima redujo el nivel de rendimiento de MS en todos los genotipos evaluados (3933-6036 kg ha⁻¹) respecto al observado en el primer ciclo de evaluación (4485-8599 kg ha⁻¹) (Tablas 4 y 5).

Composición química del forraje

Se observó una interacción cultivar x fecha de siembra ($P \leq 0,05$) para el contenido de PB en los dos ciclos de evaluación. En las concentraciones de FND, FAD y EN_L sólo se registró diferencia significativa en efectos principales. En el primer ciclo (2013-2014) se observó diferencia solamente para fecha de siembra; mientras que en el segundo ciclo se encontraron diferencias para cultivares en FND, FAD y EN_L, y para FND por efecto de la fecha de siembra ($P \leq 0,05$) (Tabla 3).

En el ciclo 2013-2014 el contenido de PB fluctuó de 134,3 a 188,2 g kg⁻¹ (Tabla 6), presentando una variación significativa entre cultivares y fechas de siembra, con incrementos en las siembras del 19 de septiembre y 19 de octubre, y una disminución importante en la

mayoría de los cultivares en la fecha de siembra del 4 de octubre. Entre las fechas de siembra del 2 y 19 de septiembre, la concentración de PB se incrementó ($P \leq 0,05$) en los cultivares Hyola 401 e IMC 205; mientras que en el resto de cultivares no ocurrió un cambio significativo ($P < 0,05$). Posteriormente, en la siembra del 4 de octubre, el contenido de PB se redujo en todos los cultivares ($P \leq 0,05$) con excepción de Ortegón, que mantuvo su valor de PB similar ($P < 0,05$) al observado el 19 de septiembre. El incremento del contenido de PB registrado el 19 de octubre ($P \leq 0,05$), ocurrió principalmente en los cultivares Ortegón, Canomex y Canorte, los cuales obtuvieron las mayores concentraciones.

Las menores concentraciones ($P \leq 0,05$) de PB ocurrieron en la fecha del 4 de octubre, principalmente en IMC 205 y Hyola 401 (134,3 a 142,3 g kg⁻¹), además de Hyola 401 en la siembra del 19 de octubre (Tabla 6); en ambas fechas, tanto IMC 205 como Hyola 401 obtuvieron los mayores rendimientos de MS ($P \leq 0,05$) (Tabla 4). La mayor concentración de PB ($P \leq 0,05$) registrada en estos dos cultivares en la siembra del 19 de septiembre, con un menor rendimiento de MS ($P \leq 0,05$), sugiere que el incremento del rendimiento de MS en las dos últimas fechas de siembra propició una dilución en la concentración de N, como también ha sido observado en otros estudios con especies como ryegrass y zacates de verano (Marino et al., 2004; Santiago et al., 2012).

En el ciclo 2014-2015, los contenidos de PB fluctuaron de 150,1 a 188,8 g kg⁻¹, con pocas modificaciones por efecto de fecha de siembra en cada cultivar. Los valores más bajos (150,1 a 158,1 g kg⁻¹) ($P \leq 0,05$) se registraron en las fechas de siembra del 2 y 19 de septiembre en Canorte, en la siembra del 2 de septiembre en IMC 205 y en la siembra del 4 de octubre en Canomex (Tabla 6). Los cultivares IMC 205 y Canorte presentaron una tendencia a incrementar sus contenidos de PB entre las fechas de siembra 2 de septiembre y 4

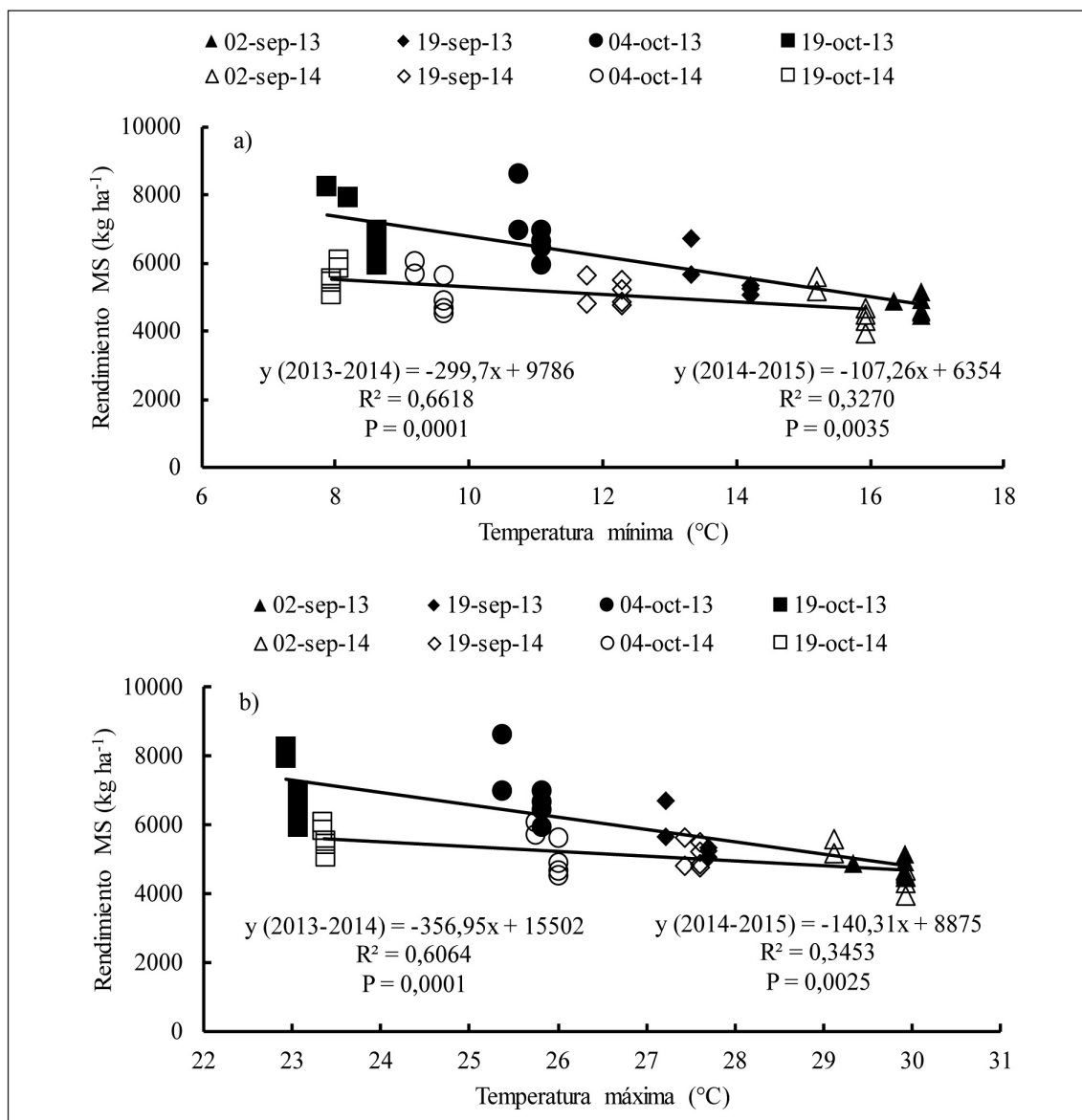


Figura 2. Relación entre la temperatura mínima (a) y máxima (b) durante el ciclo de crecimiento con el rendimiento de materia seca (MS) de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México.

13: 2013; 14: 2014; P: probabilidad de que la pendiente de la recta de regresión sea significativamente diferente de cero.

Figure 2. Relationship between minimum (a) and maximum (b) temperature during growing cycle with dry matter (DM) yield of six cultivars of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico.

13: 2013; 14: 2014. P: probability that linear regression slope is significantly different from zero.

Tabla 6. Contenido de proteína bruta (PB) en g kg⁻¹ en la materia seca de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México
 Table 6. Crude protein (CP) content (g kg⁻¹) in dry matter of six cultivars of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico

Fecha de siembra	Cultivar					
	Hyola 401	IMC 205	Aztecan	Canomex	Canorte	Ortegón
2013-2014						
2 sept	159,8 b B †	155,4 b B	176,3 ab A	169,8 ab AB	161,6 ab AB	158,7 b B
19 sept	188,2 a A	182,4 a AB	187,7 a A	181,0 a AB	174,4 a AB	167,6 ab B
4 oct	142,3 c BC	134,3 c C	155,5 c AB	162,6 b A	152,8 b AB	158,3 b A
19 oct	148,0 bc B	159,0 b B	161,6 bc B	181,6 a A	176,7 a A	183,2 a A
2014-2015						
2 sept	162,8 b AB	153,6 b B	170,9 a AB	182,8 a A	150,1 c B	179,1 ab A
19 sept	186,2 ab A	165,6 ab AB	177,2 a AB	179,1 ab AB	158,1 bc B	175,4 ab AB
4 oct	168,2 ab AB	179,7 a AB	167,2 a AB	157,2 b B	182,7 ab A	159,1 b AB
19 oct	188,8 a AB	170,9 ab AB	180,7 a AB	164,6 ab B	189,9 a A	187,2 a AB

† Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$); letras minúsculas, son para comparación entre fechas de siembra en cada columna, y las mayúsculas para comparación entre cultivares en cada fila.

de octubre ($P \leq 0,05$), manteniendo estos valores ($P > 0,05$) en la última fecha de siembra. Por el contrario, el cultivar Canomex redujo el contenido de PB ($P \leq 0,05$) entre las fechas 2 de septiembre y 4 de octubre, conservando un valor similar ($P \leq 0,05$) el 19 de octubre.

Las concentraciones de FAD y FND en el primer ciclo fueron mayores ($P \leq 0,05$) en la fecha de siembra del 19 de octubre, mientras que el contenido de EN_L fue menor ($P \leq 0,05$) en esa misma fecha. En las fechas de siembra del 2 y 19 de septiembre se encontraron las menores concentraciones de FND y FAD ($P \leq 0,05$) y las más altas concentraciones de EN_L ($P \leq 0,05$). El contenido de FND, FAD y EN_L fue similar ($P > 0,05$) entre cultivares (Tabla 7).

Probablemente, la mayor concentración ($P \leq 0,05$) de FAD y FND, además de un menor contenido ($P \leq 0,05$) de EN_L en la siembra del 19 de octubre (Tabla 7), se relacionó con su mayor ($P \leq 0,05$) rendimiento de MS (Tabla 4), ya que el incremento del rendimiento ante condiciones de crecimiento favorables se asocia a una mayor acumulación de MS en el tallo respecto a la hoja (Reta-Sánchez et al., 2016), con lo cual aumenta el contenido fibroso del forraje. Esta respuesta puede explicarse por el menor contenido de PB en el tallo ($80,0 \text{ g kg}^{-1}$) con respecto a la hoja ($260,0 \text{ g kg}^{-1}$); y la mayor concentración de FND en tallo ($480,0 \text{ g kg}^{-1}$) con respecto a la hoja ($208,0 \text{ g kg}^{-1}$) como lo reportaron Chapman et al. (2009).

En el segundo ciclo (2014-2015), no se observó efecto de la fecha de siembra ($P > 0,05$) en los contenidos de FAD y EN_L ; mientras que en la concentración de FND sólo se registró un incremento ($P \leq 0,05$) en la fecha del 4 de octubre. En la respuesta de los cultivares evaluados, con excepción de Aztecan, que obtuvo la mayor concentración ($P \leq 0,05$) de FND y FAD, además del menor contenido ($P \leq 0,05$) de EN_L , el resto de los cultivares presentaron contenidos de FND similares ($P > 0,05$)

entre sí. La menor concentración de FAD y el mayor contenido ($P \leq 0,05$) de EN_L se observó en Hyola 401 (Tabla 7).

Rendimiento de proteína bruta

Se observó interacción para cultivar x fecha de siembra ($P \leq 0,05$) en rendimiento de PB en los dos ciclos de evaluación (Tabla 3). En el ciclo 2013-2014, el menor rendimiento de PB ($P \leq 0,05$) se registró en la fecha de siembra del 2 de septiembre en todos los genotipos, entre los cuales no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$). En las otras tres fechas de siembra, el cultivar IMC 205 obtuvo el mayor rendimiento ($P \leq 0,05$); mientras que en las dos fechas de octubre sobresalió el cultivar Ortegón, con rendimientos de PB estadísticamente iguales ($P > 0,05$) a IMC 205. El Híbrido Hyola 401 sólo fue superior ($P \leq 0,05$) a los cultivares Canomex, Canorte y Ortegón en la fecha del 19 de septiembre, los cuales fueron los que obtuvieron el menor rendimiento de PB ($P \leq 0,05$) (Tabla 4).

El rendimiento de PB en los cultivares Canomex, Canorte y Ortegón aumentó ($P \leq 0,05$) con el retraso de la fecha de siembra del 2 de septiembre al 19 de octubre, con un mayor incremento en la acumulación de PB en el cultivar Ortegón entre las fechas de siembra del 19 de septiembre y 19 de octubre, por ello este cultivar junto con la variedad IMC 205 produjeron los mayores rendimientos de PB en las dos últimas fechas de siembra ($P \leq 0,05$). (Tabla 4). La tendencia a un mayor rendimiento de PB con el retraso de la fecha de siembra se asoció al incremento ($P \leq 0,05$) del rendimiento de MS (Tabla 4), ya que el contenido de PB no aumentó significativamente ($P > 0,05$) cuando la siembra se retrasó (Tabla 6).

En el segundo ciclo (2014-2015), los mayores rendimientos de PB ($P \leq 0,05$) se obtuvieron en las fechas de siembra de octubre (Tabla 5). En la siembra del 19 de octubre, todos los cul-

Tabla 7. Concentración de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y energía neta de lactación (EN_L) en la materia seca de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México

Table 7. Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and net energy for lactation (NE_L) contents in dry matter of six cultivars of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico

Factores	2013-2014				2014-2015			
	FND (g kg ⁻¹)	FAD (g kg ⁻¹)	EN _L (MJ kg ⁻¹)	FND (g kg ⁻¹)	FAD (g kg ⁻¹)	EN _L (MJ kg ⁻¹)	FAD (g kg ⁻¹)	EN _L (MJ kg ⁻¹)
Fecha de siembra								
2 sept	457 bc †	353 b	5,76 a	380 b	330 a	6,01 a		
19 sept	448 c	343 b	5,87 a	375 b	317 a	6,15 a		
4 oct	477 ab	378 ab	5,48 ab	409 a	329 a	6,02 a		
19 oct	490 a	405 a	5,18 b	373 b	334 a	5,96 a		
Cultivar								
Hyola 401	471 a	365 a	5,62 a	373 b	315 c	6,18 a		
IMC 205	485 a	382 a	5,44 a	379 b	321 bc	6,11 ab		
Aztecan	458 a	370 a	5,57 a	409 a	341 a	5,88 c		
Canomex	453 a	356 a	5,73 a	371 b	319 bc	6,13 ab		
Canorte	479 a	377 a	5,49 a	392 ab	333 ab	5,97 bc		
Ortegón	461 a	368 a	5,59 a	383 b	335 ab	5,95 bc		

† Medias seguidas con distinta letra en cada columna y factor son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$).

tivares obtuvieron rendimientos de PB similares, con excepción de Canomex, el cual sólo obtuvo rendimientos estadísticamente iguales al cultivar Aztecan. En la fecha de siembra del 4 de octubre, los mayores rendimientos ($P \leq 0,05$) se obtuvieron con Hyola 401 e IMC 205, entre los cuales no se registró diferencia significativa ($P > 0,05$).

Sólo los cultivares Canorte e IMC 205 presentaron una tendencia a incrementar el rendimiento de PB con el retraso de la fecha de siembra; en el primero ocurrió un incremento ($P \leq 0,05$) entre el 2 de septiembre y el 19 de octubre, mientras que en el segundo el rendimiento se incrementó ($P \leq 0,05$) hasta la fecha del 4 de octubre, sin disminuir significativamente ($P > 0,05$) en la siembra del 19 de octubre. En el cultivar Canomex no se registró diferencia ($P > 0,05$) entre fechas de siembra, mientras que en Ortegón, el rendimiento de PB se incrementó ($P \leq 0,05$) en la fecha de siembra del 19 de septiembre, para ya no reducirse ($P > 0,05$) en las dos últimas fechas de siembra. El cultivar Aztecan obtuvo sus mayores rendimientos ($P \leq 0,05$) de PB en las fechas del 19 de septiembre y 4 de octubre. Por su parte el híbrido Hyola 401 obtuvo rendimientos de PB similares ($P > 0,05$) en las primeras tres fechas de siembra, y solamente incrementó su rendimiento ($P \leq 0,05$) en la fecha de siembra del 19 de octubre (Tabla 5). La mayor producción de PB en las siembras de octubre se relacionó con el incremento del rendimiento de MS ($P \leq 0,05$) en todos los cultivares (Tabla 5), así como también con el aumento en la concentración de PB ($P \leq 0,05$) en los cultivares Hyola 401, IMC 205 y Canorte (Tabla 6).

Rendimiento de Energía neta de lactación

En los dos ciclos de crecimiento se observó interacción significativa para cultivar x fecha de siembra en el rendimiento de EN_L ($P \leq 0,05$) (Tabla 3). En el ciclo 2013-2014, el rendimien-

to se incrementó al retrasar la siembra del 2 de septiembre al 4 de octubre ($P \leq 0,05$), para ya no disminuir ($P > 0,05$) en la siembra del 19 de octubre en los cultivares Hyola 401, IMC 205, Canorte y Ortegón. El mayor nivel de rendimiento de EN_L alcanzado en estos genotipos fluctuó entre 35707 y 38618 MJ ha⁻¹. En los cultivares Canomex y Aztecan, los mayores rendimientos ($P \leq 0,05$) (33388 a 36890 MJ ha⁻¹) ocurrieron el 4 de octubre, manteniendo el primero este nivel de rendimiento ($P > 0,05$) en la siembra del 19 de octubre, mientras que en el segundo el rendimiento de EN_L disminuyó ($P \leq 0,05$) (Tabla 4).

El mayor incremento en el rendimiento de EN_L registrado entre las fechas de siembra del 2 de septiembre y 4 de octubre ocurrió en IMC 205, por lo que este cultivar produjo un rendimiento de EN_L superior ($P \leq 0,05$) al resto de los cultivares evaluados en las siembras del 19 de septiembre y 4 de octubre. En las fechas de siembra del 19 de octubre, los cultivares IMC 205 y Hyola 401 obtuvieron los mayores rendimientos ($P \leq 0,05$), sin presentar diferencia significativa entre ellos ($P > 0,05$) (Tabla 4).

En el ciclo 2014-2015 se obtuvo un menor rendimiento de EN_L (24101-38209 MJ ha⁻¹) respecto al observado en 2013-2014 (25379-45281 MJ ha⁻¹). El cultivar IMC 205 obtuvo rendimientos de EN_L sobresalientes en todas las fechas de siembra, incrementando su producción entre el 2 de septiembre y 4 octubre ($P \leq 0,05$), y manteniendo este nivel de rendimiento ($P > 0,05$) (38209 MJ ha⁻¹) en la fecha de siembra del 19 de octubre. El otro cultivar sobresaliente fue el híbrido Hyola 401, el cual no modificó el rendimiento de EN_L ($P > 0,05$) al retrasar la fecha de siembra del 2 de septiembre a 19 de octubre; su rendimiento fue estadísticamente igual ($P > 0,05$) a IMC 205 en las fechas de siembra del 2 de septiembre y 19 de octubre, pero redujo su rendimiento ($P \leq 0,05$) en la fecha del 19 de septiembre respecto a IMC 205, Ortegón y

Aztecán. En el cultivar Ortegón sólo se registró un incremento ($P \leq 0,05$) en el rendimiento de EN_L en la fecha de siembra del 19 de septiembre, manteniendo este nivel de producción ($P > 0,05$) en las siembras del 4 y 19 de octubre. Su nivel de rendimiento sólo fue sobresaliente en la fecha del 19 de septiembre (33696 MJ ha^{-1}), cuando su producción de EN_L fue estadísticamente igual ($P > 0,05$) a la obtenida por el cultivar IMC 205 (Tabla 5).

Debido a que no se observó diferencia significativa en el contenido de EN_L ($P > 0,05$) entre fechas de siembra (Tabla 7), las diferencias en rendimiento de EN_L registradas en los dos ciclos de evaluación, se relacionaron principalmente a las variaciones del rendimiento de MS ($P \leq 0,05$) por efecto de la fecha de siembra (Tablas 4 y 5).

Integración de canola en los sistemas de producción forrajeros

Las características agronómicas de canola y la composición química de su forraje hacen de esta especie una buena opción forrajera para siembras tempranas en otoño-invierno en la región. Su precocidad permite establecer un segundo cultivo en otoño-invierno o bien la liberación más temprana del terreno para las siembras de primavera, y el ahorro de un riego respecto a la avena (Reta Sánchez et al., 2016). Para lograr una cosecha temprana de canola en otoño-invierno (noviembre y diciembre), es necesario realizar la siembra en fechas tempranas (septiembre y octubre), cuando las temperaturas son relativamente altas (Tabla 2), y pueden llegar a afectar el desarrollo y potencial forrajero de la canola (Reta-Sánchez et al., 2016).

Los resultados del presente estudio indican que es posible producir forraje de canola con buen contenido de nutrientes en las cuatro fechas de siembra evaluadas (2 de septiembre a 19 de octubre). Sin embargo, la mayor temperatura ambiental, con temperaturas

máximas promedio entre 27,2 y 29,3 °C (Tabla 2), y fotoperiodos (12,2 a 12,6 horas) superiores al valor crítico (12 horas) en las siembras de septiembre, acortaron el ciclo de crecimiento de la canola (Figura 1a) disminuyendo el rendimiento de MS y nutrientes ($P \leq 0,05$) (Tablas 4 y 5).

En el ciclo 2013-2014, cuando la canola mostró una mayor respuesta a la fecha de siembra, el mayor rendimiento de MS y nutrientes ($P \leq 0,05$) se obtuvo en las siembras del 4 y 19 de octubre. La reducción del rendimiento de MS en siembras de septiembre alcanzó valores de 23,6 a 43,2% en la fecha del 2 de septiembre, y de 18,0 a 28,6% en 19 de septiembre, con variaciones en la respuesta de acuerdo al cultivar (Tabla 4). La máxima reducción ocurrió en la siembra del 2 de septiembre, cuando el rendimiento de MS y nutrientes disminuyó ($P \leq 0,05$) en todos los cultivares. En la fecha de siembra del 19 de septiembre, el rendimiento de MS fue menor ($P \leq 0,05$) al obtenido en octubre, sin embargo, los rendimientos de PB y EN_L fueron similares ($P > 0,05$) a los obtenidos en octubre, debido a un mayor ($P \leq 0,05$) o similar ($P > 0,05$) contenido de estos nutrientes en el forraje (Tablas 6 y 7).

En las siembras de octubre los cultivares sobresalientes en rendimiento de MS y nutrientes ($P \leq 0,05$) fueron IMC 205 y Hyola 401 con un mayor ciclo de crecimiento (71 a 96 días); mientras que en la siembra del 19 de septiembre, IMC 205 fue superior ($P \leq 0,05$) al resto de los cultivares. De los cultivares precoces (66 a 83 días), Ortegón registró rendimientos de MS y nutrientes ligeramente menores ($P \leq 0,05$) o similares ($P > 0,05$) a IMC 205 y Hyola 401 en las siembras de octubre (Tabla 4).

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que la fecha de siembra afecta significativamente el ciclo de crecimiento, la composición química y los rendimientos de MS y nutrientes de canola

para forraje, con variaciones en la respuesta entre cultivares. Se observó que el retraso en la fecha de siembra del 2 de septiembre al 19 de octubre modifica la composición química del forraje de canola e incrementa los rendimientos de MS, PB y EN_L principalmente en los cultivares IMC 205, Hyola 401 y Ortegón. Esto ocurre debido a que se alarga el ciclo de crecimiento de la canola por efecto de la disminución en la temperatura y el fotoperiodo. Por lo tanto, es posible obtener un buen rendimiento y calidad nutritiva del forraje de canola en siembras tempranas, con la ventaja de tener un mayor potencial de producción de nutrientes cuando la siembra se realiza entre el 19 de septiembre y el 19 de octubre.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento de este estudio. A la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, México por las facilidades otorgadas para la determinación de la composición química del forraje.

Bibliografía

- Bremner JM (1996). Nitrogen-total. En: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. (Ed. Sparks DL), pp. 1085-1121. SSSA Book Series 5. Soil Science Society of America, Madison, WI. EEUU.
- Brennan RF, Bolland MDA (2001). Comparing fertilizer phosphorus requirements of canola, lupin, and wheat. *Journal of Plant Nutrition* 24: 1885-1900.
- Chapman G, Bork E, Donkor N, Hudson R (2009). Yields, quality and suitability of four annual forages for deer pasture in North Central Alberta. *The Open Agriculture Journal* 3: 26-31.
- Cruz Chairez JJ, Núñez Hernández G, Faz Contreras R, Reta Sánchez DG, Serrato Medina HA (2012). Potencial forrajero y eficiencia de uso del agua de canola (*Brassica napus* L.) en comparación con cultivos tradicionales en el ciclo de invierno. *Agrofaz* 12: 125-130.
- Fiebelkorn D, Rahman M (2016). Development of a protocol for frost-tolerance evaluation in rapeseed/canola (*Brassica napus* L.). *The Crop Journal* 4: 147-152.
- Gholamhoseini M, AghaAlikhani M, Dolatabadian A, Khodaei-Joghan A, Zakikhani H (2012). Decreasing nitrogen leaching and increasing canola forage yield in a sandy soil by application of natural zeolite. *Agronomy Journal* 104: 1467-1475.
- Harper FR, Berkenkamp B (1975). Revised growth-stage key for *Brassica campestris* and *B. napus*. *Canadian Journal of Plant Science* 55: 657-658.
- Kincaid RL, Johnson KA, Michal JJ, Huisman AC, Hulbert SH, Pan WL (2012). Case study: production of silage containing biennial canola and peas for use as forage in a dairy ration. *The Professional Animal Scientist* 28: 120-124.
- Khachatourians GG, Sumner AK, Phillips PWB (2001). An introduction to the history of canola and the scientific basis for innovation. En: *The biotechnology revolution in global agriculture: innovation, invention and investment in the canola sector*, Chap 3 (Eds. Phillips PWB y Khachatourians GG), pp. 33-47. CABI Publishing. Biotechnology in Agricultural Series, Wallingford, UK.
- Marino MA, Mazzanti A, Assuero SG, Gastal F, Echevarría H.E, Andrade F (2004). Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during Winter-spring growth of annual ryegrass. *Agronomy Journal* 96: 601-607.
- NRC (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 7th. Ed. National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. EEUU. 408 pp.
- Purty RS, Kumar G, Singla-Pareek SL, Pareek A (2008). Towards salinity tolerance in *Brassica*: an overview. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 14: 39-49.
- Reta Sánchez DG, Figueroa Viramontes U, Serrato Corona JS, Quiroga Garza HM, Gaytán Mascorro A, Cueto Wong JA (2015). Potencial forra-

- jero y productividad del agua en patrones de cultivos alternativos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6: 153-170.
- Reta Sánchez DG, Serrato Corona JS, Gaytán Mascorro A, Quiroga Garza HM, Frausto López F, Ordaz Vargas S, Godoy Hernández J (2016). Validación de patrones de cultivo forrajeros alternativos con menor estrés por altas temperaturas en la Comarca Lagunera. *Agrofaz* 16: 65-75.
- Reta-Sánchez DG, Serrato-Corona JS, Quiroga-Garza HM, Gaytán-Mascorro A, Figueroa-Viramontes U (2016). Forage yield and chemical composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by sowing methods. *Grass and Forage Science* 71: 281-290.
- Robertson MJ, Asseng S, Kirkegaard JA, Wratten N, Holland JF, Watkinson AR, Potter TD, Burton W, Walton GH, Moot DJ, Farre I (2002). Environmental and genotypic control of time to flowering in canola and Indian mustard. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 793-809.
- Sánchez Duarte JI, Reta Sánchez DG, Ochoa Martínez E, Serrato Corona JS (2011). Ensilado de canola, una nueva alternativa forrajera en la alimentación del ganado lechero: primeras pruebas de ensilaje realizadas en la Comarca Lagunera. *Hoard's Dairyman en Español* 201: 582-584.
- Santamaría César J, Reta Sánchez DG, Chávez González JFJ, Cueto Wong JA, Romero Paredes Rubio JI (2006). Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera, Libro Técnico Núm. 2. Ed. INIFAP-CIRNOC-CELALA, Torreón, Coahuila, México. 240 pp.
- Santamaría César J, Reta Sánchez DG, Faz Contreras R, Orona Castillo I (2008). Reducción del rendimiento potencial en maíz forrajero en calendarios con tres y cuatro riegos. *Terra Latinoamericana* 26: 235-241.
- Santiago R, Costa A, Lemaire G, Borges R, De Saibro JC, Nabinger C, Villamil F, Justin I (2012). Forage yield and nitrogen nutrition dynamics of warm-season native forage genotypes under two shading levels and in full sunlight. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 1589-1597.
- SAS Institute (2011). *The SAS System for Windows, Release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst.*, Cary, NC.
- Sincik M, Bilgili U, Uzun A, Acikgoz E (2007). Harvest stage effects on forage yield and quality for rape and turnip genotypes. Short communication. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5: 510-516.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.

(Aceptado para publicación el 30 de mayo de 2018)