

Comportamiento de variedades de lino oleaginoso en el sudeste de Buenos Aires, Argentina

Performance of oilseed flax varieties in the southeast of Buenos Aires, Argentina

José Luis Bodega

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina

Emilio Di Battista

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina

Nicolás Róvere

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina

Miguel Mariano Pereyra Iraola

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina

Gastón Darwich

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina

María Luján Nagore

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina

Maricel Gallardo

Estación Experimental Agropecuaria Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA INTA Paraná), Entre Ríos, Argentina

Lucrecia Gieco

Estación Experimental Agropecuaria Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA INTA Paraná), Entre Ríos, Argentina

Roberto Dionisio Martínez*

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina

Revista de la Facultad de Agronomía

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

ISSN: 1669-9513

Periodicidad: Continua

vol. 122, 2023

redaccion.revista@agro.unlp.edu.ar

Recepción: 10 Mayo 2022

Aprobación: 12 agosto 2022

Publicación: Agosto 2023

URL: <http://portal.amelica>

DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e122>

Autor de correspondencia: rmartinez@mdp.edu.ar



RESUMEN

El cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) se realiza en algunos establecimientos del Sudeste Bonaerense y presenta oportunidades de negocio a pesar de no contar con un importante caudal de información actualizada. En el presente trabajo se llevaron a cabo experimentos en tres campañas para evaluar la fenología, componentes del rendimiento, porcentaje de aceite y producción de materia seca de las cuatro variedades de lino oleaginoso de reciente inscripción en el país. Los experimentos se sembraron el 10 de julio de 2015, el 17 de julio de 2019 y el 18 de agosto de 2020. Se utilizaron los cultivares de lino: Aguará INTA, Caburé INTA, Panambí INTA y Curundú INTA. Los cultivares Aguará INTA y Caburé INTA tendieron a presentar índices de cosecha, rendimientos y porcentajes de aceite que superarían a los materiales más antiguos, sin presentar diferencias en su fenología. Los porcentajes de intercepción de la radiación durante floración se relacionaron con la producción de materia seca y esta con el rendimiento. En condiciones de buenas precipitaciones durante el mes de noviembre en la campaña, Caburé INTA presentó mayores rendimientos, aunque dicho potencial podría no ser estable en condiciones restrictivas. Mientras tanto, Aguará INTA presentó un rendimiento algo menor al promedio pero con menor variabilidad interanual. El aumento en la información recolectada permitirá a futuro seleccionar la variedad más apropiada en cada situación de producción.

Palabras clave: Rendimiento, Fenología, Intercepción de radiación, Producción de biomasa, Porcentaje de aceite

SUMMARY

Flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivation is carried out in some fields in the Southeast of Buenos Aires province and presents business opportunities, despite did not have an important amount of updated information. In the present work, experiments were carried out in three campaigns to evaluate phenology, yield components, oil percentage and dry matter production of four flax varieties recently registered in the country. The experiments were sown on July 10th of 2015, July 17th of 2019 and August 18th of 2020. Flax cultivars used were Aguará INTA, Caburé INTA, Panambí INTA and Curundú INTA. Aguará INTA and Caburé INTA tended to present harvest indices, yields and oil percentages that would exceed older materials, without presenting differences in their phenology. Intercepted radiation percentages during flowering were related to dry matter production and thus with grain yield. In field conditions with high rainfall during November, Caburé INTA presented higher yields, but their yield potential was not stable under restrictive conditions. Meanwhile, Aguará INTA presented a somewhat lower performance than varieties average, but with the lowest year-on-year yield variability. Increase in data collected will allow in the future to select most appropriate varieties at each field condition.

Key words: Yield, phenology, Intercepted radiation, Dry matter production, Oil percentage

INTRODUCCIÓN

El cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) representa a nivel país una superficie cercana a las 12 mil hectáreas con un rendimiento promedio nacional de alrededor de 1200 kg.ha⁻¹, promedio de los últimos 5 años (MAGyP, 2022). Este cultivo se siembra con especial énfasis en la provincia de Entre Ríos, donde el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) aporta información oficial para todo el país a través de su red de ensayos. En el sudeste bonaerense, la superficie implantada está por debajo de las 600 hectáreas (MAGyP, 2022), pero su utilización en algunas explotaciones genera un nicho rentable y no existe información actualizada, sobre el comportamiento de cultivares y diferentes aspectos del cultivo.

El número de semillas por unidad de superficie es el principal componente del rendimiento y está directamente afectado por el número de cápsulas o bolillas (Gimenez & Sorlino, 2006). A pesar de que para este cultivo no está definido el período crítico para la generación del rendimiento, algún tipo de estrés durante el período de floración e inicio de fructificación se esperaría que limite el rendimiento del mismo (INIA, 1971). Las condiciones ambientales desfavorables en posfloración se asocian más a la calidad de las semillas que al rendimiento, siendo el porcentaje de aceite el atributo más comúnmente analizado. La duración y ubicación de las etapas del ciclo de cultivo determinarían el rendimiento y porcentaje de aceite. Ciclos largos se pueden asociar a mayores rendimientos en aceite ya sea por aumento en la captura de recursos como por la posibilidad de ubicar más temprano la fecha de siembra desplazando el llenado a menores temperaturas (Klein et al., 2016). Sin embargo, se ha reportado una relación inversa entre rendimiento en aceite y porcentaje del mismo en la semilla, provocada porque el aumento en el número de semillas se asocia a una disminución en la disponibilidad de recursos para el llenado de cada una de las mismas (Čeh et al., 2020).

Además del ambiente, entre los factores que determinan la producción de los cultivos, se encuentra la selección de la variedad adecuada (Milisich et al., 1992). En el año 2005 se inscribió la variedad Curundú INTA (INASE, 2022) la cual contaba con un mayor porte que variedades previas como Ppointa Lucero y Ceibal INTA. Además, en el año 2006 se inscribió la variedad Panambí INTA, que se caracteriza por su altura promedio de 75 cm y una mayor longitud de ciclo (INTA, 2022). La misma se destaca por su calidad industrial, en particular en contenido de aceite debido a su ciclo más largo, lo cual puede asociarse a una etapa de llenado de granos más prolongada. En 2013 se inscribieron 2 cultivares de mayor potencial de rendimiento: Aguará INTA y Caburé INTA que surgieron del cruzamiento entre genotipos locales y otros de origen canadiense (INTA Informa, 2019), dichos cultivares aun no han sido evaluados en experimentos en el Sudeste Bonaerense.

Se ha relevado información a través del tiempo sobre el comportamiento de cultivares de lino en diferentes regiones del país (Milisich & Formento, 1997; Milisich et al., 2009; Gioco, 2020) y en Balcarce (Bodega com. pers 2016; de Dios et al., 1996; Di Luca & Gelado, 1979). En este último caso se reportó que la variedad Tapé Paraná alcanzaba rendimientos de 1800 kg ha⁻¹ con un contenido de aceite de alrededor del 45,4%. Actualmente, la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNMdP forma parte de la RED oficial de ensayos territoriales de lino oleaginoso que conduce la E.E.A. Paraná del INTA, en los que se evalúan cultivares comerciales y líneas avanzadas en fenología, rendimiento, sanidad y calidad industrial. Por ello y con el objetivo de caracterizar el comportamiento de los cultivares de lino inscriptos en los últimos años en el Sudeste Bonaerense se planteó la realización de este trabajo con las siguientes hipótesis y objetivo.

Hipótesis

El rendimiento de semillas de los cultivares Aguará INTA y Caburé INTA es mayor que el de los cultivares Curundú INTA y Panambí INTA.

Los cultivares de lino Aguará INTA, Caburé INTA, Curundú INTA y Panambí INTA presentan diferencias en su porcentaje de aceite en las semillas.

Objetivo

Evaluar la fenología, componentes del rendimiento, porcentaje de aceite y producción de materia seca de las cuatro últimas variedades de lino inscriptas, en experimentos en la localidad de Balcarce.

Analizar cómo se asocian los cambios en el rendimiento y porcentaje de aceite de lino con las condiciones ambientales durante el cultivo en la localidad de Balcarce.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del experimento

El trabajo se realizó en secano durante tres campañas en Unidad Integrada Balcarce (FCA-INTA), Provincia de Buenos Aires, Argentina, ubicado a 37° 45' de latitud sur y 58° 18' de longitud oeste y a una altitud de 130 m s.n.m. El suelo donde se instalaron los ensayos es de tipo franco arcilloso clasificado como *Argiudol típico*. Los experimentos se sembraron el 10 de julio de 2015, el 17 de julio de 2019 y el 18 de agosto de 2020. Se utilizaron 4 cultivares de lino: Aguará INTA, Caburé INTA, Panambí INTA y Curundú INTA. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo formada por 7 surcos distanciados a 0,20 m; con un ancho de 1,4 m por un largo de 5,50 m (7,7 m²). La siembra de tipo convencional se realizó con una sembradora experimental de parcelas marca Wintersteiger montada sobre los tres puntos del tractor a una densidad objetivo de 600 semillas m⁻², similar para los cuatro cultivares.

Luego de la emergencia, todas las parcelas fueron fertilizadas con una dosis equivalente a 140 kg.ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-46-00) y en octubre se realizó una aplicación de nitrógeno como urea (46-0-0) con una dosis de 100 kg.ha⁻¹ con el objetivo que el cultivo no experimente limitaciones nutricionales.

Medidas y observaciones durante el cultivo

Los estados de desarrollo fueron registrados cuando el 50% de las plantas de un sector previamente definido (1 m de longitud) llegaron a cada estado considerado. Se registraron los estadios (Flax Council of Canada, 2015): emergencia de los cotiledones sobre la superficie del suelo (1), aparición del primer par de hojas verdaderas (3), tercer par de hojas verdaderas expandido (4), inicio de la elongación del tallo (5), comienzo de floración (7), fin de floración (10) y cápsulas alcanzando el color ocre típico de madurez (11) utilizando una escala decimal (Figura 1).

A partir de dicha información se identificaron los momentos de ocurrencia de las etapas, considerándose que el período crítico del cultivo se dio alrededor del mes de noviembre donde se ubicó la floración.

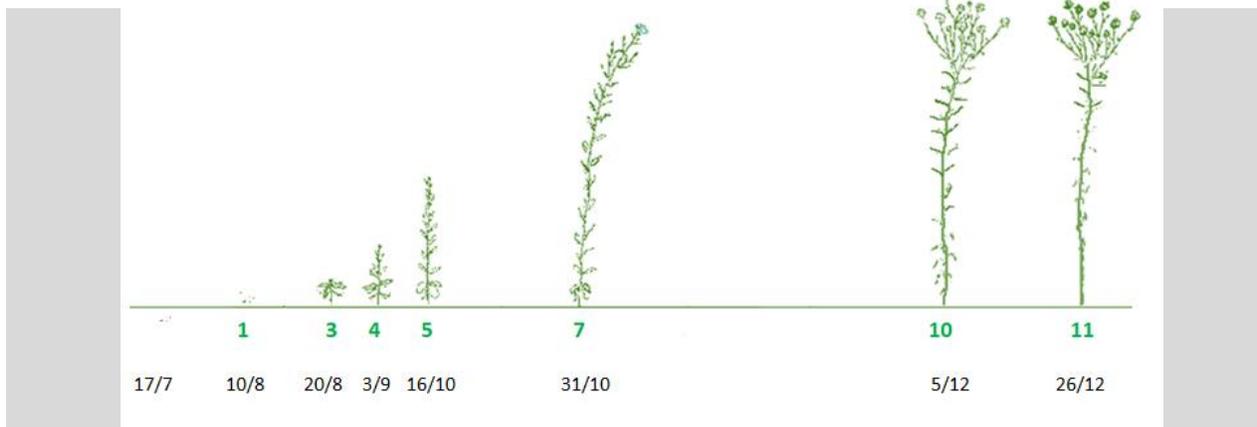


FIGURA 1

Escala decimal y fecha de ocurrencia de los distintos estados de desarrollo para el cultivo de lino en el sudeste bonaerense sembrado el 17 de julio de 2019. Entre los estados 7 y 10 se comprende el período crítico del cultivo (Gráfico adaptado de Flax Council of Canada, 2015).

Cálculos y determinaciones

En plena floración de la campaña 2015 se determinó la radiación interceptada por el cultivo (RI), registrada en cada parcela alrededor del mediodía solar (entre las 11,30 y las 14,30 hs). Las determinaciones se realizaron utilizando un radiómetro Cavadevices, Modelo 2010-dual siguiendo la técnica de Gallo & Daughtry (1966). El porcentaje de radiación interceptada se calculó mediante la fórmula: $(1 - I_t/I_0) \times 100$, donde I_t es la RI en la parte superior de la canopia y I_0 es la RI a nivel del suelo.

El número de plantas por metro cuadrado, el rendimiento en materia seca total y el rendimiento de semillas se estimó utilizando un sector de 0,8 metros cuadrados (0,8 m lineales en 5 surcos centrales de la parcela). Luego de secar la gavilla en estufa se trilló y se calculó el índice de cosecha como el cociente entre el rendimiento de grano y el rendimiento biológico (expresado como materia seca total). El rendimiento se expresó sobre base seca dado que las mismas fueron mantenidas en estufa a 70°C por 96 h. Luego se corrigió el rendimiento a humedad comercial (humedad de la semilla: 10%) y también se estimó el rendimiento corregido en aceite (considerando una base de 40%). El contenido de aceite de cada cultivar de lino, fue analizado en un instrumento monocromador NIRSDS2500 (NIRSystems, Silver Spring, USA) en un rango de onda de 400 nm a 2500 nm, en una cubeta circular de 50 mm de diámetro, con una resolución espectral de 0,5 nm (4200 datos por muestra). Los datos de reflectancia de cada muestra fueron analizados y procesados con los softwares ISScan Nova y Mosaic. En la campaña 2015 se tomó un bulk mezcla de las tres repeticiones por variedad para la determinación del peso de mil semillas y el porcentaje de aceite, mientras que en las campañas subsiguientes ambas determinaciones se realizaron por unidad experimental.

El peso de mil semillas se determinó utilizando dos muestras de 500 semillas por unidad experimental. El número de semillas por metro cuadrado se calculó con base en el rendimiento de semillas y el peso de mil semillas. El número de semillas por planta se estimó como el cociente entre el número de semillas y el número de plantas por metro cuadrado.

La información climática de precipitaciones, temperaturas de aire y radiación incidente, se obtuvo de la Estación Meteorológica de la EEA INTA Balcarce, distante aproximadamente a 400 m del lugar de los ensayos (Tabla 1).

TABLA 1

Precipitaciones acumuladas mensuales (mm) y temperatura media mensual (°C) para los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre en las campañas 2015, 2019 y 2020 en la EEA INTA Balcarce.

Año	Precipitaciones			Temperatura media (°C)		
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2015	86,2	81,3	10,5	11,6	17,4	21,5
2019	63,9	51,6	51,3	13,0	17,3	18,9
2020	126,5	19,8	30,8	12,9	18,0	20,2

Análisis estadístico

Todas las variables bajo estudio fueron analizadas utilizando el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2008). Ante diferencias significativas ($P < 0.05$) se utilizó el test de diferencias mínimas significativas (dms). Se analizó la información en base a un diseño anidado considerando la campaña como un factor aleatorio dentro del cual se analizó cada una de las variedades de interés, las cuales fueron consideradas como efecto fijo. Se analizó la relación entre el rendimiento en semillas y las condiciones ambientales de cada campaña. El análisis se realizó calculando el coeficiente de correlación de Pearson y regresión lineal, los cuales fueron obtenidos con los valores promedios de las tres repeticiones de cada tratamiento.

RESULTADOS

No se detectaron diferencias en la duración del ciclo de los cultivares ensayados que rondó en 137 días desde siembra a madurez fisiológica en 2015 (Tabla 2). Respecto a la duración del período emergencia a madurez fisiológica, la duración del ciclo fue similar entre las campañas 2015 y 2019, la campaña 2020 que tuvo una estación de crecimiento más corta.

TABLA 2

Fecha de ocurrencia de estadios fenológicos del cultivo de lino: fecha de siembra, fecha de emergencia, comienzo de floración (Estado 7), fin de floración (Estado 10), cápsulas alcanzando el color ocre típico de madurez (Estado 11), ciclo en días desde emergencia a madurez fisiológica (E-MF) para los cultivares analizados en las campañas 2015, 2019 y 2020 en la EEA Balcarce.

Campaña	Variedad	Siembra	Emergencia	Estado 7	Estado 10	Estado 11	E-MF (d)
2015	Panambí			29/10/2015	23/11/2015	14/12/2015	137
	Curundú	10/7/2015	30/7/2015	27/10/2015	23/11/2015	14/12/2015	
	Caburé			27/10/2015	20/11/2015	14/12/2015	
	Aguará			28/10/2015	21/11/2015	14/12/2015	
2019	Panambí			31/10/2019	12/12/2019	26/12/2019	138
	Curundú	17/7/2019	10/8/2019	31/10/2019	12/12/2019	26/12/2019	
	Caburé			31/10/2019	12/12/2019	26/12/2019	
	Aguará			31/10/2019	12/12/2019	26/12/2019	
2020	Panambí			16/11/2020	11/12/2020	28/12/2020	113
	Curundú	18/8/2020	6/9/2020	16/11/2020	11/12/2020	28/12/2020	
	Caburé			16/11/2020	11/12/2020	28/12/2020	
	Aguará			16/11/2020	11/12/2020	28/12/2020	

El rendimiento en semillas expresado al 10% de humedad presentó diferencias entre campañas, siendo máximo en 2015 y mínimo en 2020 (Figura 2). Dentro de cada campaña, sólo en 2015 hubo diferencias significativas en el rendimiento entre cultivares ($P = 0,0456$), en donde el material Aguará INTA presentó menor rendimiento. Sin embargo, este último genotipo fue el que presentó la mayor estabilidad interanual en el rendimiento en contraste con Curundú INTA. En general, los cultivares más recientes no presentaron una marcada tendencia a incrementar los rendimientos, aunque en el caso de Aguará se puede destacar una considerable estabilidad interanual de los mismos.

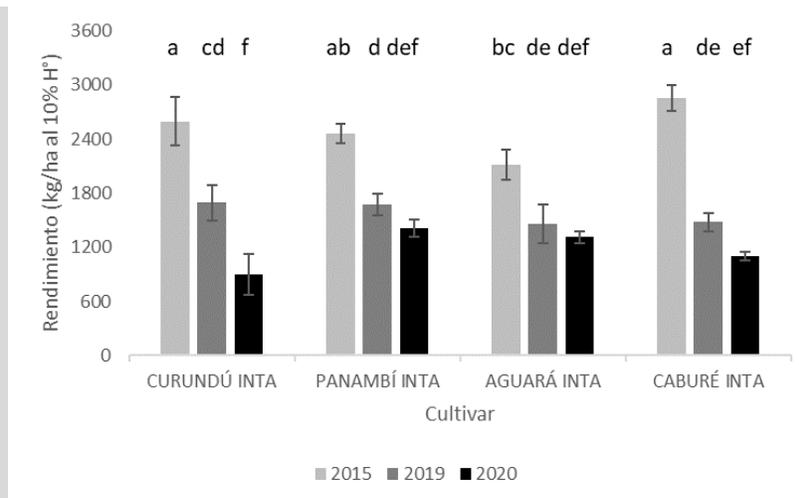


FIGURA 2

Rendimiento en semillas de 4 variedades de lino en 3 campañas. Las barras representan el error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias según el test de dms ($\alpha = 0,05$).

El rendimiento en materia seca también presentó diferencias entre campañas, en donde la primera campaña presentó los mayores valores con alrededor de 6640 kg de materia seca por hectárea (Tabla 3).

Las variedades modificaron sus diferencias en rendimiento en materia seca entre sí entre campañas (P = 0,0015), cambiando su posición respecto al máximo de cada año. En general, en las primeras campañas Curundú INTA y Panambí INTA produjeron mayor materia seca total que los demás genotipos. Sin embargo, en la última campaña Curundú INTA disminuyó y Aguará INTA incrementó su producción de materia seca relativamente. El índice de cosecha varió según campañas y cultivares (Figura 3), los cultivares Caburé INTA y Aguará INTA en general presentaron mayor índice que Curundú INTA y Panambí INTA (P = 0,0065) con valores promedio interanual de 0,4 y 0,35 respectivamente.

TABLA 3

Rendimiento en materia seca por hectárea, número de semillas por metro cuadrado, número de semillas por planta, peso de 1000 semillas y rendimiento corregido por aceite para las 4 variedades de lino en 3 campañas. Se presenta la media de cada tratamiento con el correspondiente desvío estándar.

Año	Genotipo	M.S. aérea.ha ⁻¹		N semillas.m ⁻²		N semillas.pl ⁻¹		Peso de 1000		Rendimiento aceite	
		Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
2015	Curundú	7184,1	579,9	35484,3	7253,1	48,9	4,2	6,7		2642,4	540,1
	Panambí	7297,4	589,0	34688,1	3087,5	54,2	10,0	6,5		2484,8	221,2
	Aguará	5256,4	592,5	28834,2	4526,3	55,7	13,9	6,7		2213,6	347,5
	Caburé	6825,0	418,7	40269,4	3969,4	56,5	6,3	6,4		2944,0	290,2
2019	Curundú	4793,7	806,1	31040,6	6039,7	57,4	21,9	5,0	0,1	1813,6	366,3
	Panambí	4097,9	397,3	29182,1	4008,9	53,8	17,8	5,2	0,1	1790,9	234,9
	Aguará	3698,4	903,7	25133,9	6390,0	45,6	1,5	5,3	0,2	1568,0	399,4
	Caburé	3582,0	94,7	25452,0	2743,3	57,0	19,3	5,3	0,1	1591,5	189,1
2020	Curundú	3857,1	359,2	15121,0	5366,5	31,5	12,2	5,4	0,0	960,4	347,6
	Panambí	4761,9	740,8	22633,0	2766,8	50,9	17,0	5,7	0,2	1514,0	133,3
	Aguará	4821,4	1509,6	21440,9	1630,8	35,6	4,7	5,6	0,0	1408,6	95,2
	Caburé	3341,3	168,4	17620,5	719,0	34,6	1,0	5,7	0,1	1183,9	75,7

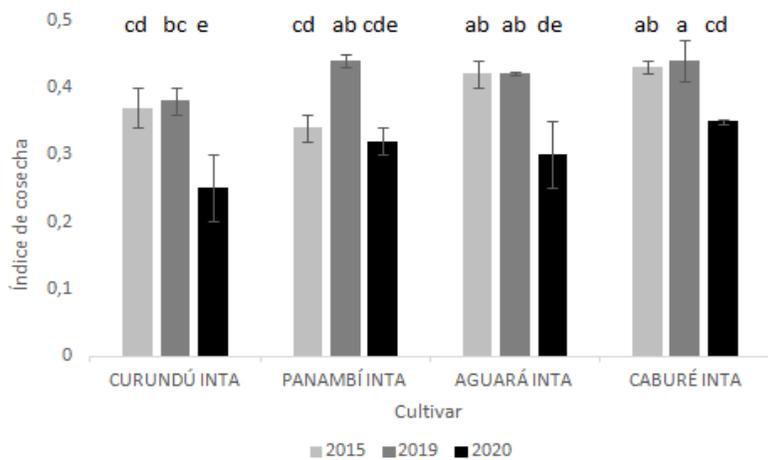


FIGURA 3

Índice de cosecha de 4 variedades de lino en 3 campañas. Las barras representan el error estándar.

Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias según el test de dms ($\alpha = 0,05$).

El número de semillas por metro cuadrado presentó interacción entre campaña y cultivar (P= 0,0256), donde los cultivares Curundú INTA y Caburé INTA que presentaron los mayores números de semillas en

las primeras dos campañas, que presentaron los mayores recuentos, aunque fueron los cultivares que menos número de semillas presentaron en la última campaña (Tabla 3). Sin embargo, el número de semillas por planta no presentó efecto del cultivar sino que solo presentó efecto de la campaña ($P= 0,0108$). En este caso, al igual que por unidad de superficie, las primeras campañas presentaron significativamente mayor número de semillas por planta que la última (Tabla 3).

El peso de mil granos varió según campañas y cultivares presentando interacción ($P= 0,0302$), la primera campaña tendió a alcanzar los mayores pesos mientras que la campaña 2019 los menores (Tabla 3). El cultivar Curundú INTA tendió a presentar el menor peso en las últimas dos campañas analizadas.

Con respecto al porcentaje de aceite, si bien en las campañas de estudio todos los cultivares superaron la base de comercialización (40%), el porcentaje de aceite obtenido de la semilla presentó marcadas diferencias entre campañas (Figura 4). En las campañas 2019 y 2020 el porcentaje de aceite solo presentó efecto del cultivar ($P= 0,0509$), así Aguará INTA y Caburé INTA tendieron a presentar mayores porcentajes de aceite que los demás cultivares. El rendimiento en aceite (corregido al 40%) presentó efecto del año ($P= 0,0001$), en donde la campaña 2015 superó al rendimiento en aceite a las campañas 2019 y 2020 respectivamente (Tabla 3). Los cultivares no presentaron diferencias significativas en su rendimiento en aceite ($P= 0,3145$).

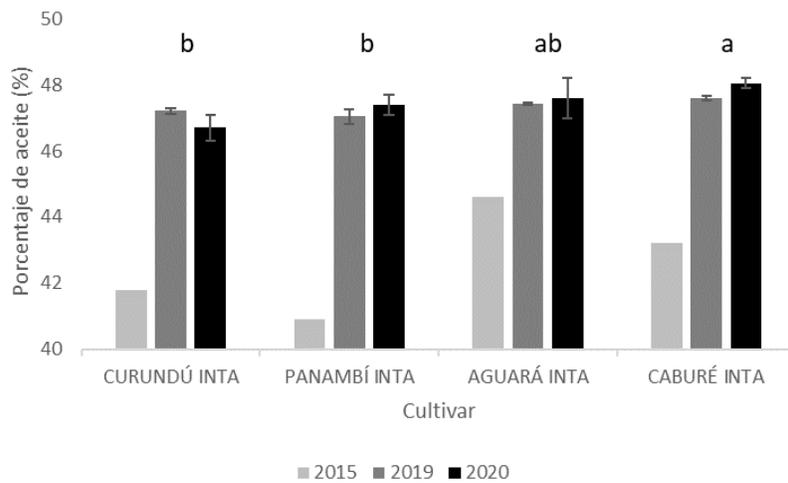


FIGURA 4

Porcentaje de aceite en semillas de 4 variedades de lino en 3 campañas. Índice de cosecha de 4 variedades de lino en 3 campañas. Las barras representan el error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de las campañas 2019 y 2020 de cada cultivar según el test de dms ($\alpha= 0,05$).

Las diferencias en rendimiento entre cultivares durante la segunda y tercera campaña analizada no fueron significativas tanto en el rendimiento en grano como en biomasa. Sin embargo, durante la campaña 2015 que presentó los mayores rendimientos, las diferencias en el mismo siguieron la tendencia de variables como la producción de biomasa ($P= 0,0015$) y de la intercepción de radiación. En la Figura 5 se observa la tendencia de aumento a tasa decreciente entre la producción final de biomasa y la intercepción de radiación en plena floración del cultivo para la campaña 2015.

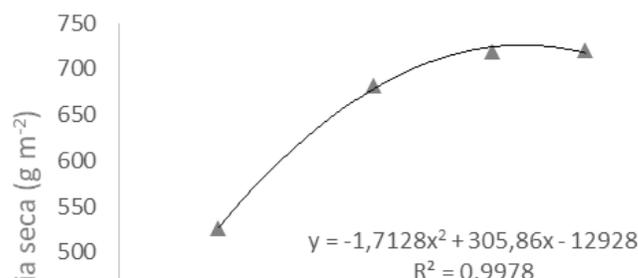


FIGURA 5

Relación entre el porcentaje de la radiación incidente interceptada en plena floración y la producción final de materia seca aérea durante la campaña 2015. Se observa la línea de tendencia, su ecuación y el coeficiente de determinación para un ajuste promedio de los 4 cultivares.

Se pudo establecer una relación entre las variaciones en rendimiento en semillas y porcentaje de aceite obtenidos con las condiciones meteorológicas de cada campaña (Tabla 4). Se determinó una alta correlación entre el rendimiento de lino y las lluvias acumuladas durante el mes de noviembre y una relación negativa entre el porcentaje de aceite y la temperatura media durante el mes de diciembre.

TABLA 4

Coeficientes de correlación de Pearson para las variables Rendimiento en semillas expresado en kilogramos por hectárea al 10 % de Humedad (kg ha^{-1} 10%) y porcentaje de aceite en semillas (% Aceite) respecto a los mm de lluvia acumulados durante el mes de octubre (Lluvia Oct), noviembre (Lluvia Nov) y diciembre (Lluvia Dic) y la temperatura media del mes de octubre (Temp Oct), noviembre (Temp Nov) y diciembre (Temp Dic).

Variable	Kg. ha^{-1} 10% Humedad	% Aceite
Lluvia Oct	-0,42	0,17
Lluvia Nov	0,91	-0,81
Lluvia Dic	-0,64	0,80
Temp Oct	-0,88	0,93
Temp Nov	-0,60	0,38
Temp Dic	0,65	-0,80

Se determinó el ajuste de regresión entre las precipitaciones durante el mes de noviembre, en donde aumentos en las precipitaciones se relacionaron con aumentos en el rendimiento (Figura 6 A). Por otro lado, elevadas temperaturas durante el mes de diciembre se asociaron de forma cuadrática con disminuciones en el porcentaje de aceite en semillas (Figura 6 B).

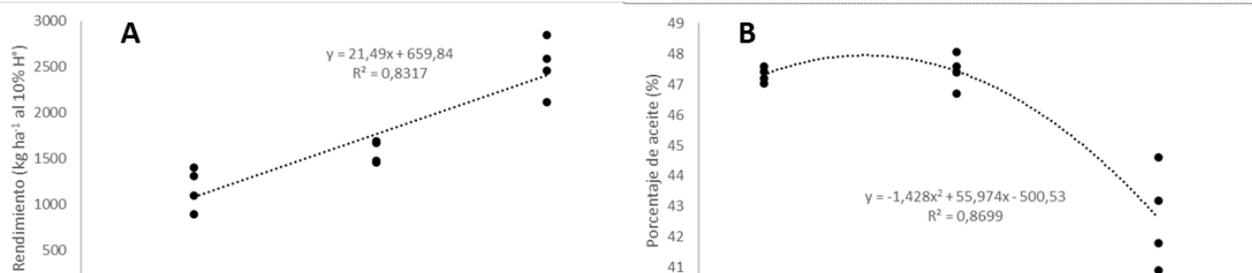


FIGURA 6

A) Rendimiento en semillas expresado en kilogramos por hectárea al 10 % de Humedad (kg ha^{-1} al 10%) en función de los mm de lluvia acumulados durante el mes de noviembre y B) porcentaje de aceite en semillas (%) en función a la temperatura media del mes de diciembre. Se observa línea de tendencia para cada caso con su respectiva ecuación y coeficiente de determinación R^2 .

DISCUSIÓN

En general, los cultivares más recientes no presentaron una marcada tendencia a incrementar los rendimientos, aunque si se puede destacar la distinta estabilidad interanual de los mismos donde Aguará INTA mostró mayor estabilidad. Sólo durante la campaña 2015, el rendimiento de las variedades se ubicó por encima del valor reportado para Tapé Paraná (Di Luca & Gelado, 1979). De este modo, parecería que el ambiente sigue siendo un aspecto clave para evaluar la mejora aportada por la selección de nuevos cultivares. Respecto al índice de cosecha, el cual suele ser utilizado como criterio de selección (Beadle 1993), los cultivares Caburé INTA y Aguará INTA en general presentaron mayor índice que los más antiguos. El hecho que los cultivares de más reciente liberación presenten un mayor índice de cosecha podría ofrecer ventajas respecto a sus predecesores en planteos con mayor densidad. Dichos planteos de alta densidad podrían representar una estrategia para maximizar cobertura en estadíos iniciales. La intercepción de la radiación durante el período de floración tendió a asociarse estrechamente con la producción de biomasa por unidad de superficie y por ende con el rendimiento obtenido por cada variedad. No obstante, los bajos niveles de intercepción al inicio de floración pueden compensarse paulatinamente en la medida que el cultivo logre ramificar cuando se dan buenas condiciones ambientales durante el período de floración.

El porcentaje de aceite de todos los cultivares superó la base de comercialización 40%, sin embargo, durante la campaña 2015 ningún cultivar alcanzó el nivel reportado por Tapé Paraná de 45,4% (Di Luca & Gelado, 1979). Por otro lado, las campañas 2019 y 2020 presentaron un porcentaje de aceite marcadamente superior al de Tapé Paraná sin grandes diferencias entre los cultivares evaluados. Este último escenario coincidiría con lo reportado por Milisich et al. (2009) que encontraron que Curundú INTA y Panambí INTA representaban una mejora en el contenido de aceite respecto a cultivares más antiguos. Aguará INTA y INTA Caburé se sumarían a este tipo de tendencia, e inclusive manifestaron un mayor porcentaje de aceite que los cultivares lanzados previamente en la campaña más desfavorable.

Además de la alta correlación entre el rendimiento de lino y las lluvias acumuladas durante el mes de noviembre y una relación negativa entre el porcentaje de aceite y la temperatura media durante el mes de diciembre se obtuvieron otros altos coeficientes de correlación entre otras variables. La floración se dió en la primera o segunda quincena de noviembre en las tres campañas, así la definición del número de semillas puede asociarse a la ocurrencia de condiciones favorables para la floración e inicio de fructificación. Por otro lado, elevadas temperaturas durante el mes de diciembre podrían acortar el período de llenado resultando en menores porcentajes de aceite en semillas. Se ha reportado previamente el efecto de la temperatura y sus implicancias en la reducción de productividad del cultivo de lino por acortamiento de etapas (Casa et al., 1999). Se detectaron elevados coeficientes de correlación entre las temperaturas durante el mes de octubre y el porcentaje de aceite, a su vez estas temperaturas se relacionaron negativamente con rendimiento. Esta relación puede obedecer a un posible acortamiento del período de prefloración provocado por la temperatura y así reducciones en la cobertura del cultivo. Dicho efecto podría disminuir el número potencial de semillas y por ende incrementar la relación fuente/destino durante el

llenado de granos resultando en incrementos en el porcentaje de aceite. Además, en condiciones de bajas precipitaciones durante el mes de noviembre, se esperarían menores niveles de cobertura durante el período crítico y menor producción de semillas (Figura 6 A). Se sabe que un cultivo de lino con bajos niveles de cobertura es un cultivo poco competitivo con las malezas, por lo cual las caídas en rendimiento podrían ser mayores en condiciones no experimentales.

Se demostró que la acumulación de materia seca por las plantas de lino depende en gran medida del curso de las condiciones climáticas (Casa et al., 1999). En Polonia, los rendimientos de semillas de diferentes cultivares de lino, en años con distintas condiciones climáticas variaron en un rango desde 620 a 2840 kg.ha⁻¹ (Zajac et al., 2005). Esta variabilidad en los rendimientos coincide con la obtenida por los experimentos evaluados en el presente trabajo. La asociación de las lluvias alrededor de floración respecto al rendimiento y el efecto de temperaturas moderadas durante el llenado respecto a la producción de aceite se asocia también con lo reportado previamente (Milisich et al., 2009; Anastasiu et al., 2016).

CONCLUSIONES

Los cultivares Aguará INTA y Caburé INTA tendieron a presentar rendimientos en semillas que no superaron a los materiales Curundú INTA y Panambí INTA por lo cual en las condiciones evaluadas la primera hipótesis debe ser rechazada. Sin embargo, se encontró una menor variabilidad en rendimiento en el cultivar Aguará INTA. El índice de cosecha de los cultivares de más reciente liberación fue superior al de los demás cultivares. El número de semillas por unidad de superficie presentó un comportamiento similar al rendimiento, aunque el número de semillas por planta no presentó efecto del cultivar. El rendimiento en materia seca no presentó una clara tendencia entre cultivares con interacción según la campaña. Respecto al peso de granos, se observó que el cultivar Curundú INTA presentó menor peso de mil semillas en las campañas en donde el rendimiento en general fue más bajo.

El porcentaje de aceite de Caburé INTA fue superior al de los cultivares más antiguos, por lo que la hipótesis que existirían diferencias en el porcentaje de aceite entre cultivares no puede ser rechazada. Sin embargo, los cultivares no presentaron diferencias significativas en su rendimiento en aceite. Además, se determinó una relación negativa entre el porcentaje de aceite y la temperatura media durante el mes de diciembre que puede explicar las diferencias del mismo entre campañas.

No se encontraron importantes diferencias en la ubicación de las etapas fenológicas por lo que el desarrollo entre variedades sería similar. Además, basándose en la información recolectada, en condiciones de campaña en que se esperen buenas precipitaciones durante el mes de Noviembre Caburé INTA presentaría ventajas en términos de rendimiento de lino oleaginoso, aunque dicho potencial podría no ser estable en condiciones restrictivas. Resta evaluar los mencionados cultivares a través de más ambientes y campañas para realizar recomendaciones más precisas y caracterizar en qué escenarios ofrecen ventajas respecto a sus cultivares predecesores.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Silvio Giuliano, Carlos Antonelli y Mauro Zabaleta por la colaboración durante la siembra y a los estudiantes Nicolás Stadler, Evelina Campos, Antonela Pizzuto, Matías Cuervo y Ezequiel Prieto por la colaboración durante la realización de los experimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Anastasiu, A.E., Chira, N.A., Banu, I., Ionescu, N., Stan, R. y Rosca, S.I.** (2016). Oil Productivity of Seven Romanian Linseed Varieties as Affected by Weather Conditions. *Industrial Crops and Products*, 86, 219–230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.051>
- Beadle, C.L.** (1993). Growth analysis. En D.O. Hall, J.M.O. Scurlock, H.R. Bolhar-Nordenkamp, R.C. Leegood y S.P. Long. (Eds.), *Photosynthesis and production in changing environment. A field and laboratory manual* (pp. 36-46), Chapman and Hall.
- Casa, R., Russell, G., Lo Cascio, B. y Rossini, F.** (1999). Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. *European journal of agronomy*, 11(3-4), 267-278. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(99\)00037-4](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(99)00037-4)

- Čeh, B., Štraus, S., Hladnik, A. y Kušar, A.** (2020). Impact of linseed variety, location and production year on seed yield, oil content and its composition. *Agronomy*, 10(11), 1770. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111770>
- De Dios, M.A., Pereyra Iraola, M.M. y Bodega, J.L.** (1996). Comportamiento de cultivares de lino oleaginoso ciclo agrícola 1995/96. *Visión Rural*, 5(19), 24-29.
- Di Luca, E. y Gelado, O.** (1979). *Épocas y densidades de siembra para lino oleaginoso en Balcarce*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W.** (2008). *InfoStat, Grupo InfoStat*, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Flax Council Of Canada.** (2015). *Growing Flax: production, management and diagnostic guide*. Flax Council of Canada. MB..
- Gallo, K. P. y Daughtry, C.S.T.** (1966). Techniques of measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in Corn canopies. *Agronomy journal*, 78(4), 752-756. <https://doi.org/10.2134/agronj1986.00021962007800040039x>
- Gieco, L.** (2020). *Lino oleaginoso: Aguará INTA y Caburé INTA*. <https://www.revistabaqueano.com/producciones-alternativas/lino-oleaginoso-aguar%C3%A1-inta-y-cabur%C3%A9-inta/>
- Giménez, P. y Sorlino, D.** (2006). Lino. En: de la Fuente, E.B., Gil, A., Giménez, P.I., Kantolic, A.G., López Pereira, M., Ploschuk, E., Sorlino, D.M., Vilariño, M.P., Wassner, D.F. & L.B. Windauer (Eds.). *Cultivos Industriales* (pp 219-243). Editorial Facultad de Agronomía.
- Instituto Nacional De Semillas (INASE).** (2022). *Registro de variedades, Catálogo Nacional*. <https://gestion.inase.gob.ar/consultaGestion/gestiones>.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).** (1971). *Lino*. Boletín de divulgación n° 8. Ministerio de Ganadería y Agricultura. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". INIA La Estanzuela. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5896/1/CIAAB-BD-8-1971.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).** (2022). *Panambí INTA*. <https://inta.gob.ar/variedades/panambi-inta>
- INTA Informa.** (2019). *Se obtuvieron dos nuevos cultivares de lino*. <https://inta.gob.ar/noticias/se-obtuvieron-dos-nuevos-cultivares-de-lino>.
- Klein, J., Zikeli, S., Claupein, W. y Gruber, S.** (2016). Linseed (*Linum Usitatissimum*) as an Oil Crop in Organic Farming: Abiotic Impacts on Seed Ingredients and Yield. *Organic agriculture*, 7, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s13165-016-0146-6>
- Ministerio De Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP).** (2022). *Estadísticas de producción de cultivos*. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Milisich, H. y Formento, N.** (1997). *Comportamiento de cultivares de lino. Años 1992-1996. Actualización técnica en el cultivo de lino*. INTA Paraná, Argentina. Serie Extensión, 14, 5-6.
- Milisich, H., Formento, N., Saluso, M.R., Falcón, L.F., Meléndez, J. y Grenovero, S.** (1992). *Consejos prácticos para el manejo del cultivo de lino*. Estación Experimental Agropecuaria Paraná, INTA.
- Milisich, H., Gieco, L., Gallardo, M. y Ocampo, O.** (2009). *Evaluación de cultivares de lino en la EEA Paraná*. INTA EEA Paraná. Recuperado el 10 de julio de 2022 de <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-evaluacin-de-cultivares-de-lino-en-la-eea-paran-.pdf>
- Zajac, T., Grzesiak, S., Kulig, B. y Polacek, M.** (2005). The estimation of productivity and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.) using the growth analysis. *Acta Physiologiae Plantarum*, 27, 549-558. <https://doi.org/10.1007/s11738-005-0061-z>