

Evaluación del rendimiento en sésamo (*Sesamum indicum* L.) variedad "Escoba Blanca" bajo diferentes fechas de siembra y densidades.



Autor: ZANVETTOR Roberto Andrés

Tutor: Dr. MAICH Ricardo

AREA DE CONSOLIDACIÓN

SISTEMAS AGRICOLAS DE PRODUCCIÓN EXTENSIVOS

AÑO 2019

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



Resumen

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de la fecha y densidad de siembra sobre el comportamiento agronómico en un cultivo de sésamo conducido en secano en la región centro de la provincia de Córdoba. El ensayo fue realizado durante la campaña agrícola 2018-2019 en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC). Se cultivó la variedad Escoba Blanca de sésamo en las siguientes cuatro fechas de siembra: 29 de septiembre, 27 de octubre, 30 de noviembre y 30 de diciembre del año 2018. En cada fecha se usaron dos densidades de siembra, 8 plantas m^{-2} y 12 plantas m^{-2} . A partir de la cosecha del surco central de cada parcela se midieron o estimaron las siguientes variables: rendimiento en grano ($kg\ m^{-2}$), peso de 1000 granos (g) y número de granos por m^2 . El granizo acontecido el 11 de febrero del año 2019 impactó sobre la duración de las distintas etapas fenológicas en el cultivo de sésamo. Si analizamos las fechas de siembra extremas (27 de septiembre y 30 de noviembre) se pudo observar que el ciclo de cultivo se acortó en 25 días. Hecha la salvedad del daño por granizo, se puede afirmar que con las dos primeras fechas de siembra (fines de septiembre y fines de octubre) se alcanzaron rendimientos por encima de la tonelada de grano por hectárea. Más allá del daño por granizo sufrido por el cultivo de sésamo en ocasión de ser evaluado en tres fechas y con dos densidades de siembra, se puede afirmar que los rendimientos alcanzados en la región central semiárida de la provincia de Córdoba no desentonan con los logrados en otras regiones del mundo y que se deberían explorar densidades por encima de las 12 plantas por metro cuadrado.

Palabras clave: *Sesamum indicum* L., fecha y densidad de siembra, región central semiárida de Córdoba.

Introducción

El sésamo es una planta oleaginosa originaria de Etiopía (Embrapa, 2005). El sésamo también denominado ajonjolí, pertenece a la familia Pedaliaceae del orden Lamiales, género *Sesamum* y sp *Sesamum Indicum* L. (Carreño *et al.*, 2009). Entre los principales países productores de sésamo se encuentran Irán, China, India y Etiopía, mientras que la demanda proviene de Afganistán, Japón, Medio Oriente y Europa (Embrapa, 2005). India y China figuran como los principales productores con el 50 por ciento de la producción mundial total, seguidos de Myanmar, Sudán, Uganda, Bangladesh, Venezuela y Etiopía. El sésamo se exporta a países como, Brasil, Uruguay, Holanda, Japón y Estados Unidos, siendo estos dos últimos los mayores importadores. Entre los años 2007 y 2013 Argentina exportó 1144 Tn a Estados Unidos, 411 Tn a Japón, 43 Tn a Holanda, 22 Tn a Brasil y 9 Tn a Uruguay (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas, 2013).

El grano del sésamo es rico en aceite, proteína, fósforo y calcio (Van Rheenen, 1973). Khattab y Khidir (1970), reportaron que el porcentaje de aceite en el grano fluctúa entre 43.7 % y 56.2 %, y el contenido de proteína varía entre 22.3 % y 32.9 %. El aceite producido del primer prensado en frío, se encuentra entre los aceites comestibles más caros del mundo debido a su bajo tenor en colesterol y alto tenor en ácidos grasos poliinsaturados, conteniendo cerca del 47% de ácido oleico y 39% de ácido linoleico (Falasca *et al.*, 2010).

En cuanto a la composición proteica del grano se destaca por su contenido rico en metionina y triptófano (Simon *et al.*, 1984). Además, es rico en calcio, caroteno, hierro, zinc, fibra y vitaminas del complejo B y contiene antioxidantes. El grano se utiliza en la panificación, a partir de su molienda se obtiene harina y también se elabora la pasta de sésamo denominada "tahini" y es consumida en humus (Figura 1) (Langham, 2008). También se utiliza para la fabricación de margarina, jabón, pintura, productos de perfumería y productos farmacéuticos como ingredientes para medicamentos y como agente dispersante en insecticidas (McIlroy, 1967; Cobley, 1976). La torta de sésamo es un muy buen alimento para el ganado, ya que contiene proteínas de alto valor biológico. El cultivo posee también otros usos complementarios, por ejemplo, la producción apícola puede verse beneficiada y potenciada gracias al contenido proteico de polen y la producción de néctar de sus flores. Además, sus flores son visitadas por otros insectos debido a sus cualidades organolépticas lo cual favorece el cuajado de frutos.



Figura 1. Aceite, semillas de sésamo, harina integral y pasta (Tahini), (Nutrasem, 2019).

Respecto a la morfología de la planta de sésamo, esta posee un tallo erecto, cuadrangular o cilíndrico, con/sin ramificación y pilocidad. Sus hojas son pecioladas, pubescentes, sus flores completas y autógamas, de color blanco o ligeramente morado de forma acampanada, pudiendo medir de dos a cuatro centímetros de longitud. El sistema radicular es muy ramificado, fibroso y profundo. Está formado por una raíz principal pivotante muy ramificada y un desarrollo superficial de las mismas que varía respecto al contenido del agua útil en el suelo. El fruto es una capsula dehiscente, presentando en su interior cuatro celdas, dentro de las cuales se encuentran los granos. La longitud de la cápsula varía entre los 1.5 cm y 8 cm y su grosor máximo es de un centímetro. El peso de mil granos varía entre 2.5 g y 4.0 g, y cada capsula contiene alrededor de 80 granos (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas, 2013).

El sésamo es un cultivo anual y de días cortos. Se lo puede cultivar tanto ambientes subtropicales como tropicales (Sánchez *et al.*, 2013), aunque también se adapta en regiones con clima templado. Es posible cultivar sésamo con precipitaciones anuales de 300 mm a 600 mm, lográndose muy buenos rendimientos con 500 mm. Con un régimen pluviométrico monzónico más alto (850 mm anuales) el cultivo requiere de un suelo que drene bien. En función de lo expuesto, el sésamo prefiere suelos livianos y fértiles, ya que es sensible a la asfixia radicular (Sanchez *et al.*, 2013), poseyendo ligera tolerancia a la salinidad. En cuanto a la nutrición mineral del cultivo no se debe descuidar la disponibilidad de nitrógeno, azufre, potasio y fósforo, y micronutrientes como B, Zn, Cu, Mn, Mo. Los valores de pH en los que mejor crece y se desarrolla el cultivo varían entre los 5.5 y 7.0 (Carreño *et al.*, 2009). Las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo fluctúan entre los 25°C y 35°C, con mínimas de 10°C y máximas de 40°C. La germinación y el crecimiento se inhiben en temperaturas inferiores a los 18°C–20°C. Las bajas y altas temperaturas durante la floración pueden causar la esterilidad del polen y la caída de los frutos (Falasca *et al.*, 2010). Los agricultores suelen preocuparse por la caída de las flores cuando las corolas se desprenden al final del día.

Normalmente, sólo la parte blanca/púrpura de la flor cae, pero no la porción que formará la capsula (Langham, 2008).

Según el SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2012), los cultivares de sésamo se clasifican por la longitud de su ciclo. Los hay de ciclo largo (120 días) con una profusa ramificación y por ende más exigentes desde el punto de vista agroclimático con granos de color blanco. Por otra parte, aquellos materiales de ciclo más corto (90 días), con grano de color negro o tostado, son más rústicos y se adaptan mejor a los ambientes marginales. Ambos tipos de granos difieren en cuanto su uso y también en cuanto al valor de mercado. Se paga más por el grano de color blanco y su uso recae en la panificación y la repostería. Por su parte, el grano negro o tostado se usa para la elaboración de harinas y aceites. Entre los materiales de ciclo largo se destacan los cultivares Escoba, Mbarete e Inia, mientras que entre los de ciclo corto el cultivar Dorado (Torres y De Cristaldo, 2013).

Al momento de la siembra, se debe contar con la humedad y temperatura de suelo adecuada tal que las plántulas emerjan sin inconvenientes. La profundidad de siembra no debe ser superior a los 3 cm y el distanciamiento entre hileras puede variar entre 30 cm a 80 cm, siendo las variedades ramificadas las que requieren un mayor espaciamento (Carreño *et al.*, 2009).



Figura 2. Cultivo de Sésamo en floración.

En Argentina, y según la latitud, la fecha de siembra va desde octubre a enero. La citada ventana de siembra surge del hecho que el cultivo de sésamo es sensible al estado juvenil a temperaturas por debajo de 0°C (Falasca *et al.*, 2010). En líneas generales los materiales de ciclo largo, como el cultivar Escoba, se suelen sembrar antes que los materiales de ciclo corto. Los argumentos que justifican este manejo radican en el hecho que la cosecha debe coincidir con un momento en que la humedad relativa del aire sea baja y de que no acontezcan profusas precipitaciones, promoviendo además que el cultivo tenga un desarrollo vegetativo adecuado y un aceptable rendimiento en grano. Britos (2002) señala que los rendimientos del cultivar Escoba en Paraguay sembrado entre la primera quincena de octubre y la última quincena de

noviembre fueron iguales o superiores a 1.300 kg ha⁻¹. Por el contrario, cuando se lo sembró en la última quincena de diciembre los rendimientos cayeron a menos de 800 kg ha⁻¹. El mencionado autor estimó una caída del rendimiento en grano del orden de los 200 kg ha⁻¹ por cada mes en el que se atrasó la fecha de siembra. En Paraguay, los resultados de Calonga (2002) y Fariña (2003) muestran que cultivar Escoba redujo su ciclo entre 9 días y 13 días por cada mes en el que se atrasó la siembra, desde los 158 días cuando sembrado en octubre a los 115 días en siembras de diciembre.

En el hemisferio Norte la primavera comienza el 21 de marzo y el verano el 21 de junio. Por lo que el cultivo de sésamo se siembra entre abril y mayo. Las bajas temperaturas del suelo en abril conspiran contra una pronta emergencia del cultivo. Al igual de lo que acontece en el hemisferio Sur las siembras tempranas resultan agrónomicamente superiores a las siembras tardías (Langham, 2008). En África, en Asia y en México, tal como lo señalan diversos autores (Lee y Choi, 1986; Weiss y Choi, 2000), las siembras muy tempranas (fines de marzo-principios de abril) como las muy tardías (junio-julio) repercuten negativamente sobre el rendimiento en grano en el cultivo de sésamo.

Las densidades de siembra más utilizadas para el cultivo de sésamo varían entre 60.000 plantas ha⁻¹ y 250.000 plantas ha⁻¹, correspondiéndose con una cantidad de semilla de 1 kg ha⁻¹ a 3 kg ha⁻¹. Para las variedades de tallo único se utilizan densidades poblacionales más elevadas que para las de tallo ramificado (Acuña y De Cristaldo, 2014). A medida que se incrementa la densidad de plantas por unidad de superficie se ve incrementado el rendimiento en grano. En el estado de Kordofan, Sudan, densidades de 16 plantas m⁻² a 25 plantas m⁻² fueron óptimas para un cultivo bajo riego (Elobied, 2010). A medida que se incrementa la densidad de siembra el cultivo tiende a ramificar menos por lo que la fructificación queda acotada al tallo principal. Por el contrario, cuando se ve disminuida la densidad de siembra la planta tiende a ramificar y fructificar más. Tal es así que los rendimientos que se logran con 50 mil plantas ha⁻¹ o 100 mil plantas ha⁻¹ tienden a equiparse debido al efecto de compensación entre los distintos componentes del rendimiento (Acuña y De Cristaldo, 2014). Hay indicios de que la calidad del grano del sésamo se ve afectada cuando se recurre a densidades de siembra por encima del óptimo, tal es así que el porcentaje en aceite del grano puede verse disminuido mientras que el porcentaje de proteínas incrementado (Caliskan *et al.*, 2004).

Finalmente, en las siembras tempranas la densidad de siembra óptima suele ser menor a la utilizada en las siembras tardías. En lo que respecta a la

arquitectura del cultivo, se recomienda distanciamientos entre surcos mayores en las siembras tempranas (52 a 70 cm) respecto al de las siembras tardías (35 a 42 cm).

En cuanto a la rotación de cultivos contextualizándose dentro de la intensificación agrícola, y en el caso de que no se cuente con riego, la norma indica que al ser un cultivo estival bien puede seguir a un poroto o un maíz. Plano (2018) desaconseja cultivar sésamo dos campañas agrícolas sucesivas sobre el mismo lote como así también implantarlo como cultivo de segunda sobre un cereal de invierno. Mazzani (1999), encontró diferencias significativas para el rendimiento en grano cuando el cultivo se condujo en siembra directa respecto a la siembra convencional.

En lo que respecta al manejo sanitario, el cultivo de sésamo es de crecimiento lento en sus primeras etapas vegetativas y en consecuencia un mal competidor de las malezas. Langham (2008) sugiere incrementar la densidad de siembra tal de atenuar el efecto negativo que las malezas ejercen sobre el cultivo. Por su parte, Ayala and Orrego (2013) han documentado que el cultivar de sésamo Escoba Blanca es particularmente sensible a distintos tipos de podredumbre de la raíz (*Fusarium*, *Phytophthora* y *Macrophomina phaseolina* o “podredumbre carbonosa”).

La mayoría de los cultivos que el hombre usa para producir grano cuentan con un periodo crítico en el que se define el rendimiento en grano, por lo general alrededor de la floración. Bien, el sésamo posee por así decirlo un segundo periodo crítico que se corresponde con el momento de la cosecha. Absolutamente se desaconseja la cosecha cuando el tiempo no acompaña, es decir, la heliofanía debe ser lo suficientemente alta tal favorecer que la humedad del grano para su posterior almacenamiento sea de aproximadamente un 6%. Carreño *et al.* (2009) sugiere proceder al corte e hilerado o engavillado cuando las capsulas comienzan abrirse en su extremo superior. Luego de una semana es conveniente proceder a trillar el material ya que el sésamo presenta dehiscencia natural.

El sésamo se puede cosechar manual o mecánicamente (Figuras 3 y 4). En el caso de que sea manual se procede a emparvar el material y luego trillarlo manualmente (Carreño *et al.*, 2009). En el caso de que se pueda mecanizar la cosecha, las alternativas por lo general son dos, corte e hilerado y posterior trilla (similar a la colza) o cosecha y trilla mecánica.



Figura 3. Sésamo en parvas.



Figura 4. Maquinaria en plena cosecha.

Un aspecto no tratado hasta el momento y que surge de las características indeterminadas de la planta de sésamo, es que a lo largo del tallo principal puede hallarse capsulas en su base y flores en su ápice. Y al igual que la colza hay que encontrar el momento justo en cuanto a la madurez de las capsulas prestando particular atención aquellas ubicadas en el tercio medio de vástago principal. Según Langham, (2008), y con el objetivo de acelerar el secado de la planta de sésamo, se ha recurrido al secado químico del cultivo con el agravante de que en el caso de que se detecte residuos en el grano del químico usado se penaliza económicamente la carga hasta llegar rechazarla. En tal sentido, Japón estableció el estricto control del 100% de las cargas y no de forma aleatoria como era anteriormente.

En cuanto al rendimiento por unidad de superficie, la producción media mundial ronda los 400 kg ha^{-1} , aunque se han reportado rendimientos de hasta 1800 kg ha^{-1} . En Sudamérica los rendimientos están por encima de la media mundial, Paraguay entre 700 kg ha^{-1} y 800 kg ha^{-1} , Brasil con 650 kg ha^{-1} y finalmente Argentina con 450 kg ha^{-1} (Arriel, 1997; Capexse, 2018; Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, 2013). El rendimiento promedio para la variedad Escoba varía entre 688 kg ha^{-1} y 1650 kg ha^{-1} (Britos 2002; Benítez y De Cristaldo, 2013). Macchi (2003) reporta un rendimiento promedio de 529 kg ha^{-1} en suelos degradados.

En lo que respecta a Argentina las zonas potencialmente productoras se encuentran por orden alfabético en las provincias de Catamarca, Chaco, Córdoba (Norte), Formosa, Jujuy, Salta, Santa Fe (Norte), Santiago del Estero

y Tucumán (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas, 2013). En la campaña 2018/19 en Las Lajitas, Departamento Anta de la provincia de Salta, se estimó una superficie implantada con sésamo cercana a las 30.000 hectáreas, 20.000 más que la campaña anterior (Morini y Pisani, 2019). Para brindar detalles agronómicos del cultivo se subdividió el área en dos zonas, Lajitas Oeste donde hubo rendimientos entre 1100 kg ha⁻¹ y 1200 kg ha⁻¹ y Lajitas Este entre 500 kg ha⁻¹ y 600 kg ha⁻¹.

Finalmente, según Plano (2018) el margen bruto del cultivo de sésamo es de 120 a 125 dólares por hectárea. A nivel del mercado interno se paga de 250 a 300 pesos por kilo de grano (blanco o negro). El precio por tonelada de grano para exportación fluctúa entre los 1500 y 1700 dólares por tonelada FOB (Free On Board), con un 10% de retenciones. El principal destino de la producción es Israel (Plano, 2018).

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de la fecha y densidad de siembra sobre el comportamiento agronómico en un cultivo de sésamo conducido en secano en la región centro de la provincia de Córdoba.

Materiales y Métodos

El ensayo fue realizado durante la campaña agrícola 2018-2019 en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba ubicado camino a Capilla de los Remedios km 15.5 (Lat. 31° 28' 40.64'' S; Long. 64° 00' 24.80'' O; Altitud 360 msnm). Esta zona pertenece a la región semiárida central de la provincia de Córdoba, la cual presenta una precipitación media anual de 759 mm de régimen monzónico, temperatura media anual de 17.3°C, una temperatura media de verano de 24°C y una temperatura media de invierno de 12°C. El tipo de suelo es Haplustol Éntico, franco limoso en superficie y subsuelo, y pertenece a la serie Oncativo.

Se cultivó la variedad de sésamo “Escoba Blanca” en las siguientes cuatro fechas de siembra: 29 de septiembre, 27 de octubre, 30 de noviembre y 30 de diciembre del año 2018. En cada fecha se usaron dos densidades de siembra, 8 plantas m⁻² y 12 plantas m⁻². Cada unidad experimental estuvo constituida por seis surcos de 3 metros de longitud distanciados por 35 cm. Se recurrió a un diseño experimental en bloques completos aleatorios con dos repeticiones y arreglo en parcelas divididas. A la parcela principal le correspondió la fecha de siembra y a la sub-parcela la densidad de siembra.



Figura 5. Ensayo de Sésamo al momento de la siembra, FCA-UNC.



Figura 6. Ensayo de Sésamo en diferentes estadios fenológicos (vegetativo y floración), FCA-UNC.



Figura 7. Ensayo de Sésamo en floración, FCA-UNC.

A fin de determinar la cantidad de agua útil almacenada en el suelo al momento de la siembra se procedió a la toma de muestras de humedad del suelo con un barreno hasta los 2 metros de profundidad. Se llevaron a cabo ocho determinaciones, una por repetición en cada fecha de siembra. La densidad aparente utilizada para los cálculos fue de $1,25 \text{ g/cm}^3$ y un PMP del 10%, y se utilizó el método gravimétrico para la estimar la cantidad de agua útil en milímetros (mm). Durante todo el ciclo de cultivo se registraron las precipitaciones con un pluviómetro.

A partir de la cosecha del surco central de cada parcela y teniendo en cuenta que cada surco representa 1 m^2 se midieron o estimaron las siguientes variables: rendimiento en grano (g m^{-2}), peso de 1000 granos (g) y número de granos por m^2 . También se registraron los días desde emergencia a floración y desde floración a madurez fisiológica. A raíz del daño por granizo que sufrió el material sembrado el 30 de diciembre es que solo fue objeto de interpretación estadística la información resultante de las tres primeras fechas de siembra. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico *InfoStat* (Di Rienzo *et al.*, 2018).

Resultados

Agua almacenada y precipitaciones durante el ciclo de cultivo

El agua útil almacenada en el suelo al momento de la primera fecha de siembra (29 de septiembre) fue de 168 mm, 171 mm (siembra del 27 de octubre), 184 mm (siembra del 30 de noviembre) y 114 mm (siembra del 30 de diciembre). Las precipitaciones acumuladas durante el ciclo del cultivo desde el 29/09/2018 al 23/03/2019, del 27/10/2018 al 30/03/2019, del 30/11/2018 al 30/04/2019 y del 30/12/2018 hasta el 29/05/2019 fueron de 535 mm, 494 mm, 503 mm y 465 mm, respectivamente.

Fenología del cultivar de sésamo “Escoba Blanca”

Tabla 1. Duración en días de los estadios fenológicos para tres fechas de siembra de la variedad de sésamo “Escoba Blanca”.

Fechas de Siembra	Días emergencia-Floración	Días floración-madurez fisiológica	Duración ciclo (días)
29/09/18	63	107	170
27/10/18	43	136	179
30/11/18	45	100	145

Del análisis de la tabla 1 se desprende que la duración de cada etapa tendió a acortarse a medida que la fecha de siembra se pospuso; sin embargo, valga ser aclarado que el material sembrado el 27 de octubre tuvo que rebrotar y prolongar su ciclo biológico a raíz del daño sufrido por granizo en plena floración.

Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento en grano, número y peso de los granos

En función de que no se constaron interacciones significativas entre fechas y densidades de siembra para ninguna de las variables medidas o estimadas es que se procede a analizar por separado el efecto de cada una de las dos fuentes de variación (fecha y densidad).

En la tabla 2 se presentan los valores medios en cuanto al rendimiento en grano, número de granos por unidad de superficie y peso de mil granos para el

cultivar de sésamo “Escoba Blanca” implantado en tres fechas de siembra. Solo se constataron diferencias estadísticamente significativas entre medias para las dos primeras variables.

Tabla 2. Rendimiento en grano (kg ha^{-1}), número de granos (m^{-2}) y peso de mil granos (g) en el cultivar de sésamo “Escoba Blanca” cultivado en tres fechas de siembra.

Fecha de siembra	Rendimiento en grano (kg ha^{-1})	Nº granos (m^{-2})	Peso de mil granos (g)
29-09-2018	1573 a	45923 a	3,46 a
27-10-2018	1318 a	36577 a	3,63 a
30-11-2018	605 b	19935 b	3,06 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

El rendimiento en grano obtenido cuando el sésamo se sembró hacia fines de septiembre y de octubre fue significativamente mayor al logrado con la siembra de fines de noviembre. Tanto con la siembra de septiembre como la de octubre se superó holgadamente la tonelada de grano por hectárea, en cambio cercana a la media tonelada fue el rendimiento de la siembra de noviembre. Los rendimientos en la primera fecha fueron un 16% superior a los obtenidos en la segunda fecha y un 61 % más respecto a la tercera fecha. El número de granos por m^{-2} acompañó la tendencia puesta de manifiesto por el rendimiento en grano, superándose en las fechas con más altos rendimientos los 35 mil granos por m^{-2} . El cultivar de sésamo “Escoba Blanca” puso de manifiesto en la fecha de siembra más temprana (septiembre) un número de granos 20 % superior al de siembra en octubre y un 56 % más en comparación con la siembra del mes de noviembre. No se observaron diferencias estadísticas significativas entre fechas de siembra en cuanto al peso de granos.

Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento en grano, número y peso de los granos

El efecto de la densidad de siembra sobre las distintas variables analizadas no alcanzó significancia estadística (Tabla 3). A los fines estrictamente descriptivos, cuando el cultivar de sésamo “Escoba Blanca” se cultivó a una densidad de 12 plantas m^{-2} el rendimiento en grano como el número de estos por unidad de superficie se vieron incrementados, lo inverso aconteció con el peso de mil granos.

Tabla 3. Rendimiento en grano (kg ha^{-1}), número de granos (m^{-2}) y peso de mil granos (g) en el cultivar de sésamo “Escoba Blanca” cultivado en dos densidades de siembra.

Densidad (plantas m^{-2})	Rendimiento en grano (kg ha^{-1})	Nº granos (m^{-2})	Peso de mil granos (g)
8	1010 a	28526 a	3,52 a
12	1320 a	39764 a	3,25 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Daño por granizo

El 11 de febrero del 2019 aconteció en el Campo Escuela una granizada que incidió diferencialmente sobre el cultivo de sésamo en función de las etapas fenológicas en las que se encontraban las distintas fechas de siembra al momento de la precipitación sólida. El daño por granizo principalmente se cuantificó en base a la quebradura del tallo principal. En la figura 5 se puede observar que el daño por granizo fue menor en la siembra del 29 de septiembre (no superó el 75%) y mayor en la siembra del 30 de noviembre (cerca al 100%).

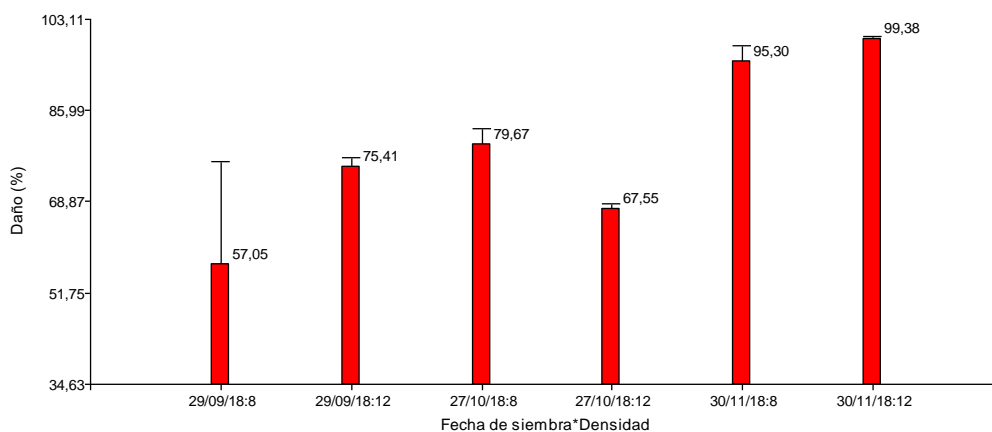


Figura 5. Porcentaje de plantas dañadas por granizo en su tallo principal en el cultivar de sésamo “Escoba Blanca”

Discusión

Agua almacenada y precipitaciones durante el ciclo de cultivo

El agua útil (diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente) del suelo donde se llevaron a cabo los ensayos es de unos 270 mm. En las tres fechas de siembra se partió con más del 50%, aumentando a medida que estas se atrasaron, 56 % (29 de septiembre), 57 % (27 de octubre) y 61 % (30 de noviembre). Tal como lo sostienen Andrade *et al.*, (1996), el consumo de agua y crecimiento se ven limitados cuando el contenido hídrico del suelo en la zona de la rizosfera se encuentra por debajo del 40-60 % del agua útil. A priori, la cantidad de agua almacenada en el suelo al momento de la siembra no se convirtió en una limitante para el cultivo. El registro pluviométrico de 500 mm durante el ciclo de cultivo para las tres fechas de siembra tampoco pareciese haber sido una limitante, sobre todo a la luz de lo aseverado por Sánchez *et al.*, (2013), quienes afirman que se logran muy buenos rendimientos con 500 mm de precipitaciones.

Fenología del cultivar de sésamo “Escoba Blanca”

En función del daño por granizo acontecido el 11 de febrero de 2019 resulta poco atendible explayarse sobre el efecto de las distintas fechas de siembra sobre la duración de las etapas fenológicas en el *cultivar de sésamo “Escoba Blanca”*. Si analizamos las fechas de siembra extremas (27 de septiembre y 30 de noviembre) se puede observar que el ciclo de cultivo se acortó en 25 días. Este acortamiento del ciclo condice con lo observado por otros autores (Calonga, 2002; Fariña, 2003) donde el cultivar de sésamo “Escoba Blanca” redujo su ciclo entre 9 días y 13 días por cada mes en que se atrasó la fecha de siembra. El alargamiento del ciclo biológico del cultivo de sésamo sembrado el 27 de octubre respecto a la siembra del 27 de septiembre resulta de las distintas etapas fenológicas en las que se encontraban ambas fechas de siembra al momento de acontecer el granizo. En cuanto a la primera fecha de siembra al momento de la granizada el cultivo había finalizado de florecer y estaba en pleno llenado de grano. Respecto a la fecha de siembra del 27 de octubre el cultivo se encontraba en plena floración e iniciando su fructificación. Debido al daño y gran número de flores perdidas, el cultivo de sésamo rebrotó y siguió floreciendo. Finalmente, en cuanto a la duración del ciclo del cultivo de sésamo sembrado el 30 de noviembre debería considerarse conjuntamente el efecto del atraso de la fecha de siembra en sí misma y el daño que sufrió el cultivo apenas iniciada su floración.

Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento en grano, número y peso de los granos

Haciendo la salvedad de que los resultados del presente trabajo se encuentran atravesados por un evento meteorológico que los relativiza, se puede afirmar que con las dos primeras fechas de siembra (fines de septiembre y fines de octubre) se alcanzaron rendimientos por encima de la tonelada de grano por hectárea. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores (Britos, 2002; Sarkar *et al.*, 2007). De mismo modo que el rendimiento en grano tendió a disminuir a medida que se atrasó la fecha de siembra, en línea con lo observado por Ashtana y Narain (1977). Los resultados agronómicos logrados con la siembra del 30 de noviembre conciben con lo obtenidos por Gabriaguez *et al.* (2013), quienes constataron que a la par en la merma del rendimiento en grano se observó una disminución en el número de granos por unidad de superficie.

Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento en grano, número y peso de los granos

Respecto al efecto de la densidad de siembra sobre el comportamiento agronómico en el cultivo de sésamo, distintas referencias bibliográficas refieren a que un número de plantas por encima de las 270.000 plantas ha^{-1} puede llegar a repercutir negativamente sobre el rendimiento en grano (Adebesi *et al.*, 2006; Ssekabembe, 2007). Por otra parte, se cuenta con resultados que afirman que el rendimiento en grano puso de manifiesto una tendencia positiva a medida que el número de individuos se incrementó desde las 10 plantas m^{-2} a 51 plantas m^{-2} (Lazim, 1973; Abdalla; 2003; Caliskan, 2004). Los resultados obtenidos en esta ocasión muestran que el rendimiento en grano superó la tonelada de grano por hectárea con densidades relativamente bajas (8-12 plantas m^{-2}). Sin embargo, se deberían explorar densidades mayores tal de probar si los 1320 kg ha^{-1} logrados con 12 plantas m^{-2} se corresponde con el piso o el techo de los rendimientos alcanzables en seco y en la región central semiárida de la provincia de Córdoba.

Daño por granizo

El daño por granizo se vio maximizado cuando el cultivo se encontraba al final de su etapa vegetativa o durante la floración, coincidente con las fechas de siembra del 30 de noviembre y 27 de octubre, respectivamente.

Conclusiones

Más allá del daño por granizo sufrido por el cultivo de sésamo en ocasión de ser evaluado en tres fechas y con dos densidades de siembra, se puede afirmar que los rendimientos alcanzados en la región central semiárida de la provincia de Córdoba no desentonan con los logrados en otras regiones del mundo y que se deberían explorar densidades por encima de las 12 plantas por metro cuadrado.

Agradecimientos

A mi tutor Dr. Ricardo Maich por su profesionalismo, dedicación, paciencia y todo lo transmitido.

A los Ing. Agr. y docentes de la FCA-UNC, Roberto Eduardo Zanvettor y Walter Londero por su ayuda en el ensayo a campo y recomendaciones generales.

A mi familia por el gran e incondicional apoyo de siempre.

A la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba por todos los conocimientos adquiridos.

Bibliografía

Abdalla, A. A. (2003). *Effect of sowing date and plant population on performance of sesame (Sesamum indicum L) cultivars under irrigation* (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis, Faculty of Agricultural., University of Khartoum).

Acuña, M. A. V. H., & de Cristaldo, R. M. O. (2014). Población de plantas y su efecto en el desarrollo vegetativo y rendimiento del sésamo (*Sesamum indicum* L.) variedad Escoba. *Investigación Agraria*, 14(1), 25-30.

Adebisi, M. A., Ajala, M. O., Ojo, D. K., & Salau, A. W. (2006). Influence of population density and season on seed yield and its components in Nigerian sesame genotypes. *Journal of tropical agriculture*, 43, 13-18.

Alessi, J., Power, J. F., & Zimmerman, D. C. (1977). Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population, and row spacing 1. *Agronomy Journal*, 69(3), 465-469.

Andrade, F. H., Cirilo, A. G., Uhart, S. A., & Otegui, M. E. (1996). *Ecofisiología del cultivo de maíz* (No. 633.15 584.92041). Dekalb Press.

Arriel, N. H. C. (1997). Diagnóstico e perspectiva do gergelim no Brasil. *Reunião temática matérias-primas oleaginosas no Brasil: diagnóstico, perspectivas e prioridades de pesquisa. Campina Grande. Anais. Campina Grande: EmbrapaAlgodão/MAA/ABIOVE*, 119-138.

Asthana, K. S., & Narain, B. (1977). Evaluation of sesame varieties in Bihar for summer. *Indian journal of agricultural sciences*.

Ayala, N. I., & Orrego, A. L. (2013). Eficiencia del tratamiento químico para el control de la pudrición carbonosa del tallo en el cultivo de sésamo (*Sesamum indicum*). *Investigación Agraria*, 11(2), 31-35.

Benítez, M. A., & De Cristaldo, R. O. (2013). Comparación fenotípica de plantas provenientes de semillas de sésamo (*Sesamum indicum* L.), variedad escoba blanca, de diferentes orígenes. *Investigación Agraria*, 9(1), 5-14.

Britos, E. (2002). *Rendimiento y contenido de aceite de cuatro variedades de Sésamo (*Sesamum indicum* L.), sembradas en diferentes épocas en el Distrito de Minga Guazú* (Doctoral dissertation, Tesis Ing. Agr. Minga Guazú, PY: CIA, UNE).

Caliskan, S., Arslan, M., Arioglu, H., & Isler, N. (2004). Effect of planting method and plant population on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Mediterranean type of environment. *Asian J. Plant Sci*, 3(5), 610-613.

Calonga, F. J. (2002). *Caracterización agronómica de cuatro variedades de sésamo (*Sesamum indicum* L.), sembradas en cuatro épocas diferentes en el Distrito de Minga Guazú* (Doctoral dissertation, Tesis Ing. Agr. Minga Guazú, PY: CIA, UNE).

Cámara Paraguaya de Exportadores del Sésamo (Capexse). (31 de Marzo de 2018). www.ultimahora.com. Obtenido de www.ultimahora.com:

<https://www.ultimahora.com/aumentaron-area-y-rindes-del-sesamo-n1140497.html>.

Carreño, B. L., Terrazas, D. B., Orquera, E., Zambrana, C., & Hurtado Méndez, J. (2009). *El cultivo de Sésamo*. Santa Cruz: CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical).

Cobley, L. S. (1976). *An introduction to the botany of tropical crops* (No. 2. ed.). Longman.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. InfoStatversión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

El Naim, A. M. (2003). Effect of different irrigation water quantities and cultivars on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Published doctoral dissertation*, Faculty of Agricultural, University of Khartoum.

Elobied, S. (2010). Effect of plant density on the performance of some sesame (*Sesamum indicum* L) cultivars under Rain fed. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(4), 498-504.

Embrapa, (2005). www.cnpa.embrapa.br. Obtenido de www.cnpa.embrapa.br: <https://www.cnpa.embrapa.br/produtos/gergelim/index.html>

Falasca, S., Anschau, A., & Galvani, G. (2010). Las potenciales áreas productivas de sésamo (*Sesamum indicum* L) en argentina, materia prima para biodiesel. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14, 11-63.

Farina Morinigo, C. M. (2003). Epoca propicia de siembra de cuatro variedades de sésamo *Sesamum indicum* L. (*Sesamum indicum* L) en argentina, materia prima para biodiesel. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14, 11-63.

Gabriaguez, C. L. Z., de Cristaldo, R. M. O., & Espínola, D. D. G. (2013). Rendimiento del cultivo de sésamo (*Sesamum indicum* L.), variedad Mbarete, en diferentes épocas de siembra y poblaciones de plantas. *Investigación Agraria*, 13(2), 67-74.

Khattab, A. H., & Khidir, M. O. (1970). Oil and protein content of local sesame types. *Journal of food science and Technology (Sudan)*, 2, 8-10.

Langham, D. R. (2008). Growth and development of sesame. *SesacoCorp*, 329.

Lazim, M. E. H. (1973). *Population and cultivar effects on growth and yield of sesame under irrigation*. Lazim.

Lee, J. I., & Choi, B. H. (1986). Sesame breeding and agronomy in Korea. *Crop Experiment Station, Rural Development Administration*, 61.

Macchi Leite, G. (2003). Rendimiento del sésamo (*Sesamum indicum* L.) variedad Escoba en suelos degradados, en el sistema de siembra directa. *Ing. Agr.*. *Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Departamento de Producción Agrícola*.

Marcelo Morini & Igancio Pisani. (2019).
<http://www.saltaagropecuaria.com.ar>. Obtenido de
<http://www.saltaagropecuaria.com.ar>:
<http://www.saltaagropecuaria.com.ar/aumenta-la-produccion-de-sesamo-en-salta.html>

Mauricio Plano. (06 de 2018). <http://suenaacampo.com>. Obtenido de
<http://suenaacampo.com>: <http://suenaacampo.com/el-cultivo-de-sesamo-es-ideal-para-zonas-complicadas-hidricamente/>

Mauricio Plano. (21 de 05 de 2018). <http://suenaacampo.com>. Obtenido de
<http://suenaacampo.com>: <http://suenaacampo.com/sesamo-una-buena-opcion-para-cultivos-de-verano/>

Mazzani, B. (1999). Investigación y tecnología del cultivo del ajonjolí en Venezuela. Ediciones del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Caracas. Venezuela. Libro en línea URL: <http://ajonjoli.sian.info>. ve.

McIlroy, R. J. (1963). An introduction to tropical cash crops. *An introduction to tropical cash crops*.

Nutrasem. (25 de 07 de 2019). <https://www.ifeelgood.com.ar>. Obtenido de
<https://www.ifeelgood.com.ar>: <https://www.ifeelgood.com.ar/marca/nutrasem>.

Sanchez, M. E. J., & Acuña, R. R. D. (2013). Efecto de fósforo y nitrógeno en el rendimiento de sésamo, *Sesamum indicum* L., sobre un alfisol en el distrito de Horqueta. *Investigación Agraria*, 7(2), 42-47.

Sarkar, M. A., Salim, M., Islam, N., & Rahman, M. M. (2007). Effect of sowing date and time of harvesting on the yield and yield contributing characters of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 2(6), 31-35.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (15 de Junio de 2012). <https://www.inforural.com.mx>. Obtenido de <https://www.inforural.com.mx>: <https://www.inforural.com.mx/ajonjoli-descripcion-y-variedades/>

Ssekabembe, C. K. (2007). Comparison of research on sesame (*Sesamum indicum*) and nakati (*Solanumaethiopicum*) at Makerere University. In *8th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt, 27-31 October 2007* (pp. 2063-2069). African Crop Science Society.

Simon, J. E., & Chadwick, A. F. (1984). *Herbs an indexed bibliography 1971-1980: the scientific literature on selected herbs and aromatic and medicinal plants of the temperature zone* (No. 581.634063 S55).

Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas. (2013). www.sinavimo.gov.ar. Obtenido de www.sinavimo.gov.ar: <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/sesamum-indicum>.

Thompson, J. A. (1982). Influence of plant population on phasic development, growth, yield and water use of irrigated sunflower in a semi-arid environment. In *Proceedings of the International Sunflower Conference (USA)*.

Torres, M. C., & De Cristaldo, R. O. (2013). Caracterización agronómica de cuatro variedades de sésamo (*Sesamum indicum* L.), sembradas en el departamento central. *Investigación Agraria*, 10(2), 10-15.

Van Rheenen, H. A. (1973). *Major problems of growing sesame (Sesamum indicum L.) in Nigeria* (Doctoral dissertation, Veenman).

Anexo:

Fenología del cultivo:

Vo: Emergencia. Cotiledones por encima del suelo.

V1: Primer nudo. Hojas completamente formadas en primer nudo, el entrenudo por debajo de estas hojas tiene una longitud de 0,5 cm.

V2: Segundo nudo. Hojas completamente formadas en el segundo nudo, el entrenudo por debajo del tercer par de hojas tiene una longitud de 0,5 cm.

Vn: Enésimo nudo. Numero de nudos en el tallo principal de hojas completamente desarrolladas comenzando con V1. El entrenudo por debajo del tercer par de hojas ha alcanzado una longitud de 0,5 cm. tienen hojas opuestas que se desarrollan básicamente al mismo tiempo, y por lo tanto, el sésamo es contado por pares de nudo.

R1: Inicio de floración. Botón floral de 0,5 cm en cualquier nudo. Periodo crítico.

R2: Primera flor. Primera flor abierta en cualquier nudo.

R3: Inicio de formación de capsulas. Aparición de una capsula de 0,5 cm en cualquier nudo.

R4: Plena floración. Flores abiertas y capsulas en crecimiento en cuatro de los nudos del tallo principal.

R5: Capsulas verdes. Capsulas que hayan alcanzado su máxima longitud en cualquier nudo.

R6: Inicio de maduración. Caída de las hojas bajas, aparición de los primeros cambios en el color de la planta (a nivel del cuarto inferior de la planta).

R7: Apertura de los primeros frutos en la parte inferior del tallo principal, defoliación y cambios avanzados en la coloración de la planta y de los frutos (aproximadamente 75% de la planta).