

Incidencia de las condiciones de clima en el desarrollo y producción de semillas de *Salvia hispanica* L.

Weather conditions incidence on development and production of *Salvia hispanica* L. seeds

Héctor Abel Busilacchi^{1*}, Carolina Noelia Coronel¹; Mirian Susana Bueno¹, Mirian del Pilar Gonzalez¹, Diego Raúl Müller¹, Mirta Quiroga² y Cecilia Rosa Severin³

1. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias. Zavalla, Santa Fe, Argentina. Cátedras de Biología y Fitopatología. Universidad Nacional de Salta. 2. Facultad de Ciencias Naturales. Av. Bolivia 5150 (CP 4400), Salta, Argentina. Botánica Sistemática y Cálculo. 3. Asesor externo. *Autor para correspondencia: hbusilacchi@gmail.com

Rec.: 2017-11-08 Acep.: 2019-07-03

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la incidencia de las condiciones climáticas sobre el cultivo de *Salvia hispanica* L., conocida comercialmente como Chía, durante las campañas 2014 y 2015, para la zona núcleo de la pampa húmeda, centro-sur de Santa Fe (Argentina). La siembra se hizo en una parcela de 2 ha en el Campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), en la localidad de Zavalla (Santa Fe). Se emplearon semillas provenientes de lotes comerciales cultivados en la provincia de Salta y las evaluaciones durante ambas campañas fueron: altura de plantas, número de espigas por planta, peso de 1000 semillas y poder germinativo de las semillas cosechadas. Se observó que las heladas ocurridas no afectaron el desarrollo del cultivo. Como consecuencia de las abundantes precipitaciones y de las menores temperaturas registradas en la campaña 2014 con respecto a las de 2015, en la primera ocurrió una fuerte incidencia del hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, que provocó que el número de espigas por planta (16) y el peso de 1000 semillas (0.904 g) fueran inferiores a las obtenidas en 2015 (78 espigas/planta y 1297 g el peso de 1000 semillas), junto a la aparición de semillas vanas y a un descenso del poder germinativo. Las condiciones de clima presentes durante el ciclo de cultivo de *S. hispanica* en la pampa húmeda tienen una incidencia directa en el desarrollo de la planta y en la producción y calidad de los frutos cosechados.

Palabras clave: chía, precipitaciones, temperatura, cultivo a campo, *Sclerotinia sclerotiorum*.

Abstract

The aim of the research was to analyze environmental conditions incidence on *Salvia hispanica* L. during 2014 and 2015 crop years at the Humid Pampa core zone. Sowing was made in a 2 ha plot of the Experimental Camp at the Faculty of Agricultural Sciences (FCA) of the Nacional University of Rosario (UNR), placed in Zavalla, Santa Fe, Argentina. Seeds used came from commercial crops grown in the province of Salta, Argentina. Parameters evaluated in both 2014 and 2015 crop years were: plant height, number of spikes per plant, weight of 1000 seeds and germinative power. Crop development was not affected by frost. During 2014 crop year, the great amount of rain and low temperatures allowed a higher incidence of *Sclerotinia sclerotiorum*. These conditions caused a lower number of spikes per plant (15,9) and weight of 1000 seeds (0,904 g) than 2015 crop year (77,8 spikes/plant and 1,297 g weight of 1000 seeds). In 2014 crop year, empty seeds and a lower germinative power seeds was observed. Climatic conditions during *S. hispanica* culture cycle in the Humid Pampa's zone directly affected the crop development and also quality and production of harvested fruits.

Key words: Chia, environment, field crop, *Sclerotinia sclerotiorum*.

Introducción

Salvia hispanica L. (familia *Lamiaceae*) es una especie comúnmente conocida como 'chía', palabra que es una adaptación española al término nahua 'chían' o 'chien' (plural), término que en náhuatl significa 'semilla de la que se obtiene aceite' y que fue usada por esta etnia como ofrenda a los dioses. El significado del nombre del actual estado de Chiapas al sur de Méjico, quiere decir 'río de chía' o 'agua de chía'. Existen evidencias que demuestran que la misma fue utilizada como alimento incluso hacia el año 3500 a. C. por las civilizaciones teotihuacanas y toltecas y posteriormente, por los aztecas y mayas, entre otras culturas mesoamericanas.

En la época precolombina fue uno de los principales alimentos de numerosas civilizaciones de América Central (Ayerza, 2016). En los últimos años las semillas de chía han incrementado notoriamente su importancia para la salud humana y la nutrición por su alto contenido en ácido graso omega-3 (aprox. 60%), siendo el más alto conocido de fuentes vegetales. La chía tiene un alto contenido de proteína y fibra dietética, además de ser una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre, con una concentración tres veces más alta que los productos tradicionales, como la espinaca, las legumbres y la leche, siendo una alternativa ideal en la elaboración de alimentos (García Salcedo et al., 2018).

Los estudios médicos y epidemiológicos han demostrado que los ácidos grasos omega-3 son nutrientes esenciales y desempeñan un importante papel en la salud humana principalmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares, siendo antitrombóticos, antiinflamatorios, y antiarrítmicos (Bochicchio et al., 2015).

La producción, consumo y demanda de *S. hispanica* ha aumentado en los últimos años. Es una planta herbácea o arbustiva anual, con una altura entre 1 y 2 m. Los frutos se presentan en grupos de cuatro clusas. Estas son monospermas, ovals y tienen 1.5 - 2 mm de longitud y 1 - 1.2 mm de diámetro, promedio, son suaves y brillantes, de color pardo grisáceo con manchas irregulares castaño oscuro en su mayoría y en menor proporción blanquecinas (Di Sapio et al., 2012). Es una especie sensible al fotoperíodo, que produce yemas florales en días cortos (Jamboonsri et al., 2012), su crecimiento varía de acuerdo con la latitud y el ciclo de cultivo puede variar entre 90 y 150 días.

Actualmente la chía se cultiva comercialmente en Australia, Bolivia, Colombia, Guatemala, México, Perú y Paraguay. En las regiones del oeste Paranaense y noroeste de Río Grande do

Sul en Brasil los agricultores comenzaron a invertir con buenos resultados en el cultivo de chía (Jamboonsri et al., 2012, Busilacchi et al., 2015). En Argentina se cultiva principalmente en las provincias de Salta, Jujuy y Tucumán (Busilacchi et al., 2015). En este país se han realizado estudios sobre la calidad de las semillas y las harinas de chía son comercializadas en herboristerías y tiendas dietéticas de la ciudad de Rosario, Santa Fe, (Severin et al., 2010; Bueno et al., 2010; Périgo et al., 2011); también se han llevado adelante con gran éxito las primeras experiencias a campo con esta especie en la zona de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), en el sur de la provincia de Santa Fe (Busilacchi et al., 2013).

En estudios realizados por Busilacchi et al. (2013) se encontró que es factible incorporar nuevas áreas de producción en Argentina, cultivando *S. hispanica* en localidades más meridionales que aquellas donde tradicionalmente se ha sembrado, como es el caso de Chabás (sur de la provincia de Santa Fe), siendo la siembra temprana durante primera quincena de enero la más adecuada para esta especie en el área de producción estudiada.

Teniendo en cuenta los buenos precios de mercado, su importancia como producto dietario-medicinal, junto a una creciente demanda internacional de chía, los productores demandan actualmente nuevas alternativas para diversificar su producción. Surge, entonces, la necesidad de evaluar y consolidar las técnicas de cultivo de esta especie en distintas regiones del país.

Por consiguiente, es importante evaluar las condiciones medioambientales de crecimiento del cultivo, las cuales pueden afectar la formación y la relación entre los principales componentes de las semillas. El objetivo de este trabajo fue estudiar la incidencia de las condiciones de clima sobre el desarrollo y la producción de semillas del cultivo de *S. hispanica*, durante las campañas 2014 y 2015, para la zona núcleo de la pampa húmeda, particularmente en la localidad de Zavalla (Santa Fe, Argentina).

Materiales y métodos

La siembra de *S. hispanica* se efectuó en condiciones de secano en un suelo Argiudol vértico serie Roldán, en una parcela de 2 ha del campo experimental José F. Villarino de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), ubicado en la localidad de Zavalla (Santa Fe), Argentina.

En la Tabla 1 se presentan la localización y las condiciones de clima de la localidad donde se realizó el ensayo y en la Tabla 2 aparecen los registros de clima mensuales durante en período

enero - julio de las campañas evaluadas (2014 y 2015). La primera helada agrometeorológica en cada campaña se produjo el 5 de junio de 2014 (2.9 °C) y el 7 de mayo de 2015 (2.5 °C). Se entiende por helada agrometeorológica cuando la temperatura mínima registrada en abrigo meteorológico es menor que 3.1 °C y por helada meteorológica, cuando la temperatura mínima registrada en abrigo meteorológico es menor que 0.1 °C (CIAg, 2013).

Tabla 1. Localización geográfica y datos de clima del campo donde se realizó el ensayo. Campo experimental José F. Villarino de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Zavalla (Santa Fe), Argentina.

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación (mm/año)	Temp. promedio (°C)
Zavalla	33° 14'	61° 21'	85	694.55 (2014)	17.3 (2014)
Zavalla	33° 14'	61° 21'	85	510.10 (2015)	18.3 (2015)

Precipitaciones totales y temperaturas promedio durante el ciclo del cultivo.
Fuente: Estación Meteorológica Campo Experimental José F. Villarino.

Tabla 2. Precipitación y temperatura mensuales durante los ciclos de cultivo 2014 y 2015. Campo experimental José F. Villarino de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Zavalla (Santa Fe), Argentina.

Mes	Precipitación (mm)		Temp. promedio (°C)	
	2014	2015	2014	2015
Enero	122.55	99.6	25.8	23.2
Febrero	265.6	49.7	22.1	22.2
Marzo	150.1	126.3	18.8	21.3
Abril	77.6	41.8	17.7	20.3
Mayo	29.3	124.6	14.1	16.3
Junio	17.0	20.6	10.8	13.0
Julio	32.4	47.5	11.9	11.4

Precipitaciones totales y temperaturas mensuales promedio durante el ciclo del cultivo.

Fuente: Estación Meteorológica Campo Experimental José F. Villarino.

Para la siembra se emplearon semillas de chíca descendientes de la variedad Criolla de Acatic, Jalisco, provenientes de lotes comerciales cultivados en la provincia de Salta. Antes de la siembra, se hizo un control de malezas y se roturó el suelo con arado de disco. Se utilizó una sembradora de grano fino en surcos distanciados 17.5 cm y la siembra se hizo en la segunda quincena de enero, tanto para la campaña 2014 como para la de 2015, a una densidad de 3.5 kg/ha. Durante los 60 días iniciales de cultivo y hasta que las plantas cubrieron el entresurco, el control de malezas se realizó en forma manual. No se identificaron plagas limitantes para el cultivo, por tanto no se hicieron aplicaciones de plaguicidas.

Para las evaluaciones, en ambas campañas se cosecharon al azar y en forma manual 10 plantas

completas en una superficie efectiva de muestreo de 1,5 has (descontando las borduras y caminos adyacentes, en la segunda quincena de junio. Se consideró como momento adecuado para cosecha cuando las plantas presentaron 80% de las hojas con coloración oscura, secas o muertas (Miranda, 2012). Se midieron la altura de planta (m), número de espigas por planta y peso de 1000 semillas (g). Además se determinó el porcentaje de germinación de las semillas cosechadas en ambas campañas. Debido a la falta de protocolos para semillas de *S. hispanica* en los manuales de tecnología de semillas, se utilizaron como referencias básicas las recomendaciones para algunos géneros de la familia Lamiaceae (ISTA 2003).

La prueba de germinación de semillas se realizó en cajas Petri sobre algodón y papel filtro húmedo, en cuatro repeticiones con 25 semillas cada una. El material fue incubado durante 21 días en cámara de crecimiento a 23 ± 2 °C.

Para la identificación de patógenos se realizaron aislamientos a partir de trozos de tallos de plantas de chíca infectados en campo. Estos fueron propagados en agar-papa-glucosado (APG) al 2% en cajas Petri. Los trozos de tallo de aproximadamente 0.5 cm fueron desinfectados previamente con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 min y posteriormente lavados con agua estéril. Las cajas con los explantes se colocaron en estufa a 25 °C con alternancia de luz/oscuridad de 16h/8h durante 7 días. Las colonias resultantes fueron identificadas por su morfología bajo lupa binocular con aumentos de 10x y 40x (Forty de Amerikan Optikal) y microscopio óptico Leitz con aumentos entre 10x y 40x, utilizando la clave de Barnett (1998).

El diseño experimental en campo fue en bloques al azar. Los resultados se sometieron a un análisis de la varianza (ANOVA) utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2016) y la normalidad de los datos se comprobó mediante el Test Shapiro-Wilk. Cuando se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar diferencias entre las medias de los tratamientos.

Resultados

Durante enero y febrero de 2015 la precipitación fue inferior a la de la misma época de 2014 (ver Tabla 2). En la Figura 1 se observa que la altura de planta fue de 1.592 m para la campaña de 2014 y de 1.347 m para 2015 ($P < 0.05$).

Tanto las heladas meteorológicas (2.9 °C) como las agrometeorológicas (2.5 °C) no afectaron el desarrollo del cultivo, ya que las primeras se registraron al comienzo de junio de 2014 y las

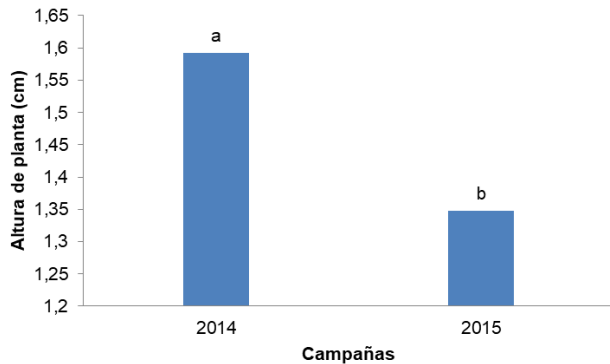


Figura 1. Altura de plantas de *S. hispanica* L. en las campañas 2014 y 2015, Campo Experimental José F. Villarino, Zavalla. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Zavalla (Santa Fe), Argentina.

Letras distintas indican diferencias significativas, Tukey ≤ 0.05

segundas en mayo de 2014, antes de la cosecha. La floración para ambas campañas se produjo a mediados de abril y la duración del ciclo del cultivo fue de 150 días, aproximadamente.

En la campaña 2014 se observaron algunas plantas con tallos afectados por pudrición seca y esclerocios en la corteza (Figura 2), igualmente la presencia de inflorescencias aisladas que presentaron coloración castaño claro en contraste con el resto que presentaba una coloración verde típica de la etapa fenológica de floración. En diferentes sectores de los lotes y en especial en grupos de plantas de mayor altura y abundante follaje se observó desprendimiento de frutos cuajados en el estado de madurez fisiológica.

Yeboha et al. (2014) identificaron diferentes patógenos infectando el cultivo de chía, entre ellos, *Fusarium solani*, *F. pallidoroseum* y *Cladosporium* spp., que producen marchitamiento y secado de hojas. Celli et al. (2014) identificaron los virus: Sida mosaico Bolivia virus 2 y Tomato yellow spot



Figura 2. Tallo de *S. hispanica* L. con pudrición seca y esclerocios en superficie, campaña 2014. Campo Experimental José F. Villarino, Zavalla. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Zavalla (Santa Fe), Argentina.

virus en plantas provenientes de Salta (Argentina) que mostraban deformaciones en hojas, clorosis y enanismo. En cultivos de Famaillá (Tucumán, Argentina) se encontraron plantas muertas con síntomas de pudrición seca y presencia de esclerocios grandes, también identificaron algunas inflorescencias de coloración castaño claro y presencia de una mancha blanca por *S. sclerotiorum* (Aguaysol et al., 2014). Este patógeno es muy polífago, afecta más de 64 familias de plantas y las temperaturas óptimas para su desarrollo varían entre 12 y 18 °C. La humedad relativa que favorece el inicio de la infección es de 90% o mayor y coincide con lluvias o neblina abundantes).

La pudrición húmeda detectada tanto en Salta como en Tucumán es una enfermedad que debe ser tenida en cuenta al momento de planificar la producción de chía, debido a que puede llegar a causar severas pérdidas cuando no se maneja en forma adecuada. Es importante tener en cuenta que el hongo se propaga con la semilla infectada y una vez que se establece en el lote de cultivo, es muy difícil de manejar por la sobrevivencia del patógeno en el suelo (Aguaysol et al., 2014). Hasta la fecha, en la zona núcleo de Santa Fe, Argentina, no existe información sobre la incidencia de *S. sclerotiorum* para el cultivo y producción de *S. hispanica*.

En la cosecha se encontraron esclerocios acompañando los granos de chía (Figura 3), lo que indica la presencia de *S. sclerotiorum* (Figura 4).

Las condiciones ambientales de 2014 fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad y se caracterizaron por bajas temperaturas en la etapa de floración y llenado de grano, y mayores precipitaciones que en 2015 (ver Tabla 2).



Figura 3. Semillas de *S. hispanica* con esclerocios de *S. sclerotiorum*, cosecha 2014. Campo Experimental José F. Villarino, Zavalla. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Zavalla (Santa Fe), Argentina.

El número de espigas/planta: 15.9 en la cosecha 2014 y 77.8 en 2015 (Figura 5), y el peso de 1000 semillas: 0.904 g en 2014 y 1.297 g en 2015 (Figura 6) fueron diferentes ($P < 0.01$) entre ambas campañas. No obstante la mayor altura de planta en la campaña 2014, ésta no estuvo relacionada con la producción de semilla debido a la fuerte incidencia de *S. sclerotiorum* en la etapa de floración y llenado de grano.



Figura 4. Cultivo puro de *S. sclerotiorum* obtenido en caja Petri donde se observa la presencia de esclerotos. Campo Experimental José F. Villarino, Zavalla. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Zavalla (Santa Fe), Argentina.

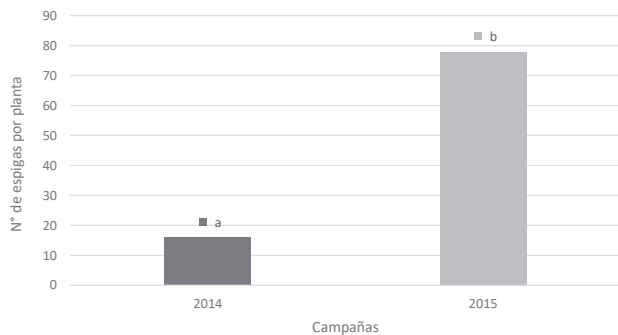


Figura 5. Número de espigas/planta de *S. hispanica* L. en las campañas 2014 y 2015. Campo Experimental José F. Villarino, Zavalla. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Zavalla (Santa Fe), Argentina. Letras distintas indican diferencias significativas, Tukey ≤ 0.05 .

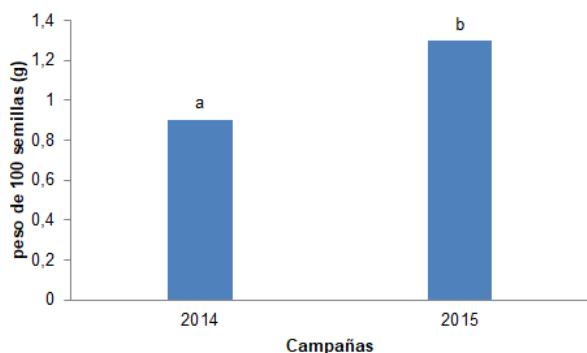


Figura 6. Peso de 1000 semillas de *S. hispanica* L. en las campañas 2014 y 2015. Campo Experimental José F. Villarino, Zavalla. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), Zavalla (Santa Fe), Argentina. Letras distintas indican diferencias significativas, Tukey ≤ 0.05 .

El peso de 1000 semillas fue afectado por la presencia de semillas vanas como consecuencia del ataque de *S. sclerotiorum* durante la campaña 2014.

La germinación de las semillas fue, en promedio, de 55% en la campaña 2014 y de 95% en 2015. El bajo poder germinativo de las semillas en la campaña 2014 estuvo acompañado por una elevada presencia de esclerocios durante la recolección (ver Figura 3).

Discusión

La menor altura de las plantas de chíá en 2015 fue debido a la baja precipitación, principalmente en febrero y comienzo de marzo de 2015, coincidente con la etapa de crecimiento vegetativo. Según Yeboah et al. (2014) *S. hispanica* exige un adecuado suministro de agua durante las primeras fases fenológicas, correspondientes al crecimiento vegetativo, mientras que condiciones más secas y con menores precipitaciones son necesarias durante las fases posteriores, especialmente durante la maduración de la semilla. Martínez et al. (2012) encontraron que la escasez de agua en la estación de crecimiento de chíá tiene un efecto significativo en los bajos rendimientos, tanto en cantidad como en calidad de la producción. Cuando la planta sufre escasez de agua, los frutos pueden resultar muy pequeños, con tejidos gruesos y fibrosos.

En las condiciones del presente estudio, las heladas no afectaron el cultivo de chíá ya que éstas ocurrieron después de la cosecha y solo se registraron dos heladas agrometeorológicas aisladas en junio de 2014 y mayo de 2015. Lukatkin et al. (2012) encontraron que temperaturas bajo 0 °C ocasionan importantes daños en muchas plantas tropicales, incluso en especies del género *Salvia*. Baginsky et al. (2016) consideran que las heladas retardan el desarrollo de la chíá por lo que en aquellas localidades donde éstas ocurren a partir de abril, la siembra debe ser programada para evitar la producción en esta época. El ciclo del cultivo total de la chíá en este estudio fue similar al observado por Busilacchi et al. (2013), y varió entre 144 a 170 días, para la localidad de Chabás (Santa Fe) y por Lobo et al. (2011) en Tucumán.

Las condiciones de clima durante el periodo de investigación fueron favorables para el desarrollo del hongo *S. sclerotiorum*, lo que coincide con los resultados obtenidos por Aguaysol et al. (2014), quienes detectaron quiebre y pérdida de espigas afectadas por este hongo en lotes de la localidad de Famaillá (Tucumán) para el ciclo productivo 2014. Manzaneda Delgado (2015) sugiere que la incidencia de lluvias abundantes es un factor negativo para el desarrollo de *S. hispanica*, especialmente en las fases de floración y maduración.

Como consecuencia de las abundantes precipitaciones y de las menores temperaturas registradas en la campaña 2014 en relación con 2015, se evidenció una fuerte incidencia de *S. sclerotiorum* sobre el cultivo, afectando tanto el número de espigas/planta, como el peso de 1000 semillas y generando la aparición de semillas vanas. La presencia de estas últimas también fue observada por Alzugaray et al. (2007) en semillas de *Schinopsis balansae*.

La calidad de las semillas depende de su capacidad para germinar y producir una planta normal y es determinada por una serie de condiciones genéticas de la especie y el medio en el cual se producen, cosechan, procesan y almacenan. Según Salinas et al. (2008) la siembra correcta del cultivo, la elección de prácticas de manejo adecuadas y la selección de genotipos adaptados al ambiente, determinan los óptimos rendimientos y calidad de las semillas.

En este estudio, las semillas de *S. hispanica* cosechadas en 2014 presentaron menores porcentaje de germinación que las de 2015, posiblemente por la presencia de esclerocios en las primeras. Alzugaray et al. (2007) encontraron que semillas de *S. balansae* presentaron un menor porcentaje de germinación en la cosecha 2001 con respecto a la cosecha 2000, debido a la infestación con *Alternaria* spp., *Curvularia* spp. y *Fusarium* spp. Ayerza (2016) en cultivos de *S. hispanica* en Ecuador y Bolivia, encontró que el rendimiento, la duración del ciclo e incluso la composición de las semillas, son afectados por las características del ecosistema y las condiciones de la época de cultivo.

Conclusiones

Las condiciones de clima durante el ciclo de cultivo de *S. hispanica* en la Pampa húmeda argentina inciden significativamente en el desarrollo y en la producción y calidad de las semillas. Así, el rendimiento en la zona puede ser afectado por la escasez de precipitaciones en la primera fase de cultivo, siendo necesario mantener un nivel adecuado de agua disponible en el suelo para asegurar el crecimiento de la planta y una alta producción de semillas.

El exceso de precipitaciones y el descenso de la temperatura durante las etapas de floración y llenado de granos favorecen el desarrollo y la incidencia de *S. sclerotiorum*, afectando el número de espigas por planta y generando semillas vanas, con la consiguiente pérdida del poder germinativo.

Referencias

- Aguaysol, N.C.; Terán, L.R.; González, V.; Lobo Zavalía, R. y Ploper, L.D. 2014. Detección de *Sclerotinia sclerotiorum* en cultivos de chía (*Salvia hispanica*) en Tucumán durante la campaña 2014. *Avance Agroindustrial* 35(4):20-24.
- Ayerza, R. 2016. Crop year effects on seed yields, growing cycle length, and chemical composition of chia (*Salvia hispanica* L.) growing in Ecuador and Bolivia. *Emirates J. Food and Agriculture*, 28 (3):196-200. DOI 10.9755/ejfa.2015-05-323.
- Alzugaray, C.; Carnevale, N. J.; Salinas, A. R. y Pioli R. 2007. Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad de las semillas de *Schinopsis balansae* Engl y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schldt. *Revista Iberoamericana de Micología* 24(2):142-147.
- Baginsky, C.; Arenas, J.; Escobar, H.; Garrido, M.; Valero, D.; Tello, D.; Pizarro, L.; Valenzuela, A.; Morales, L. y Silva, H. 2016. Growth and yield of chia (*Salvia hispanica* L.) in the Mediterranean and desert climates of Chile. *Chilean J. Agricultural Research* 76(3)255-264. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000300001>
- Barnett, H. L. y Barry, B. H. 1998) *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Fourth Edition. Saint Paul, Mn APS Press, 218 pp.
- Bochicchio, R.; Phillips, T.D; Lovelli, S.; Labella, R.; Galgano, F; Di Marisco, A., Perniola, M. and Amato, M. 2015. *Innovative Crop Productions for Healthy Food: The Case of Chia (Salvia hispanica L.)*. En: Vastola A. eds. *The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin*. Springer, Cham.
- Bueno, M.; Di Sapio, O.; Barolo, M.; Busilacchi, H. y Severin, C. 2010. Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) comercializadas en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 9(3):221-227.
- Busilacchi, H.; Quiroga, M.; Bueno, M.; Di Sapio, O.; Voykos, F. y Severin, C. 2013. Evaluación de *Salvia hispanica* L. Cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina), *Cultivos tropicales* 34(4):55-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.1234/ct.v34i4.731>.
- Busilacchi, H.; Qüesta, T. y Zuliani, S. 2015. La chía como una nueva alternativa productiva para la región pampeana, *Agromensajes* 41:37-46.
- Celli, G.; Perotto, M.; Martino, J.; Flores, C.; Conci, C. y and Rodríguez Pardina, P. 2014. Detection and Identification of the First Viruses in Chia (*Salvia hispanica*). *Viruses*, 6: 3450-3457. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/v6093450>
- Centro de Información Agroclimática. 2013. Heladas en la Argentina. <https://www.agro.uba.ar/heladas/definiciones.htm>
- Di Sapio, O.; Bueno, M.; Busilacchi, H.; Quiroga, M. y Severin, C. 2012. Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispanica* L. Lamiaceae. *Boletín latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(3):249-268.
- García-Salcedo, A.J.; Torres-Vargas, O.L. and Ariza-Calderón, H. 2018) Physical-chemical

- characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), amaranth (*Amaranthus caudatus L.*), and chia (*Salvia hispanica L.*) flours and seeds. *Acta Agronómica* 67(2):215-222. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.63666>
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarino-Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.A; Tablada, M. y Robledo, C. W. 2008. InfoStat, version 2016, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- International Rules for seed Testing. 2003. Edition 2003/1. Zurich, Switzerland. 1 (984):7-22.
- Jamboonsri, W.; Phillips, T.D.; Geneve, R.L.; Cahill, J.P. and Hildebrand, D.F. 2012. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica L.* - a new ω 3 source. *Genetic Resources Crop Evolution*, 59:171-178.
- Lobo, R.; Alcocer, M.; Fuentes, F.; Rodriguez, W.; M. Morandini y M. Devani. 2011. Desarrollo del cultivo de chia en Tucumán, República Argentina. *EAAOC-Avance Agroindustrial*, 32(4):27-30.
- Lukatin, A.; Brazaityté, C.; Bobinas, and Duchovskis, P. 2012. Chilling injury in chilling – sensitive plants: a review. *Zemdyrbyste Agriculture* 99:11111-124.
- Manzaneda-Delgado, F. (2015). Evaluación de la producción de dos variedades de Chia (*Salvia hispanica L.*), en dos densidades de siembra. *Apthapi* 1(1):13-18.
- Martínez, C.; Soza, F. y Garay, E. 2012. *Manual de establecimiento de cultivos*. Escuela Agrícola Panamericana, Ciencias y Producción Agropecuaria. República de Honduras.
- Miranda, F. 2012. *Guía Técnica para el Manejo del Cultivo de Chia (Salvia hispanica) en Nicaragua*. Sébaco: Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Exportación e Importación Del Norte (Cecoopsemein RL). 14p.
- Pérgo, C.; Cases, M.; Bueno, M.; Di Sapiro, O.; Busilacchi, H. y Severin, C. (2011). Caracterización de harinas de chia (*Salvia hispanica L.*) comercializadas en Rosario (Santa Fe), Argentina. *Dominguezia* 27(2):21-26.
- Salinas, A.; Gallo, C. y Rosbaco, I. 2008) Semillas de soja de calidad, un objetivo por alcanzar. *Revista Científica Agropecuaria* 12(2):85-99
- Severin, C.; Barolo, M.; Bueno, M.; Di Sapiro, O.; Busilacchi, H. y Quiroga, M. 2010. Pureza físico-botánica de semillas de chia que se comercializan en Rosario, Santa Fe. *Revista Análisis de Semillas* 3-4(12):50-52.
- Yeboah, S.; Owusu Danquah, E.; Lamptey, J.N.L.; Mochiah, M.B.; Lamptey, S.; Oteng-Darko, P.; Adama, I.; Appiah-Kubi, Z. and Agyeman, K. 2014. Influence of planting methods and density on performance of Chia (*Salvia hispanica*) and its suitability as an oilseed plant. *Agricultural Science* 2(4):14-26. <https://doi.org/10.12735/as.v2i4p14>