

MALEZAS

Germinación de semillas y establecimiento de plántulas de *Hirschfeldia incana* (L.): efecto de factores ambientales, el rastrojo y la profundidad de entierro

Seed germination and seedling establishment of *Hirschfeldia incana* (L.): effects of environmental factors, crop residue and burial depth

Trezza, H.D.¹; Galván, A.¹; Huarte H.R.^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

²CONICET

hhuarte@gmail.com

RESUMEN

Hirschfeldia incana (L.) Lagr.-Foss. (Brassicaceae), conocida en la Argentina como mostacilla peluda, es una maleza de creciente importancia debido a la aparición de poblaciones resistentes a glifosato, 2,4-D e inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS). El objetivo de este trabajo fue caracterizar la ecología de la germinación de la especie y evaluar prácticas agronómicas destinadas a reducir la emergencia de plántulas. Se estudió el efecto de la luz, la temperatura, el potencial osmótico, el pH, el ácido abscísico (ABA) y un inhibidor de la biosíntesis de giberelinas trinexapac-etil sobre la germinación. Asimismo, se evaluó la influencia de la cobertura con rastrojo y la profundidad de entierro sobre la emergencia. Las semillas presentaron una baja dormición primaria y alcanzaron porcentajes de germinación superiores al 80 % a 30 °C y 20/30 °C en presencia de luz. La germinación disminuyó marcadamente con potenciales osmóticos inferiores a -0,3 MPa y fue favorecida por condiciones de pH levemente ácido. Tanto el ABA como el trinexapac-etil inhibieron la germinación, lo que sugiere una regulación hormonal de este proceso. La cobertura con

rastrajo y el entierro de las semillas redujo la emergencia de plántulas incluso a profundidades poco mayores a 0,5 cm. Los resultados obtenidos aportan información novedosa sobre la biología de *H. incana* y proporcionan bases para el desarrollo de estrategias de manejo integrado orientadas a disminuir la dependencia del control químico.

Palabras clave: ecología de la germinación, mostacilla peluda, establecimiento de plántulas, manejo integrado de malezas, dormición.

SUMMARY

Hirschfeldia incana (L.) Lagr.-Foss. (Brassicaceae), commonly known in Argentina as hairy mustard, has become an increasingly problematic weed due to the evolution of populations resistant to glyphosate, 2,4-D, and acetolactate synthase (ALS)-inhibiting herbicides. This study aimed to characterize the germination ecology of *H. incana* and to evaluate agronomic practices that may reduce seedling emergence. The effects of light, temperature, osmotic potential, pH, abscisic acid (ABA), and a gibberellin biosynthesis inhibitor trinexapac-ethyl on seed germination were evaluated under controlled conditions. In addition, the effects of crop residues cover and seed burial depth on seedling emergence were assessed. Seeds exhibited low primary dormancy, with germination exceeding 80% at 30 °C and under alternating temperatures of 20/30 °C in the presence of light. Germination declined sharply at osmotic potentials below -0.3 MPa and was promoted under slightly acidic pH conditions. Both ABA and trinexapac-ethyl inhibited germination, suggesting hormonal regulation of this process. Crop residues cover and seed burial limited seedling establishment reduced seedling emergence, while, even at burial depths greater than 0.5 cm. These findings provide novel insights into the germination ecology of *H. incana* and set a basis for the development of integrated weed management strategies aimed at reducing reliance on herbicide-based control.

Keywords: germination ecology; hairy mustard, seedling emergence; integrated weed management; dormancy.

INTRODUCCIÓN

Hirschfeldia incana (L.) Lagr.-Foss (Brassicaceae) conocida en la Argentina como mostacilla peluda es una especie de ciclo otoño–invierno–primaveral que puede comportarse como anual, bianual y perenne (Pignatti, 1982). Originaria de la cuenca del Mediterráneo, actualmente constituye una maleza problemática en la región pampeana argentina (Crespo & Zanczuk, 2021), así como también en Australia (Parsons & Cuthbertson, 2001), Estados Unidos (USDA, 2017) y México (CABI, 2017). Entre los atributos que favorecen su propagación se destacan su elevada capacidad de dispersión mediante maquinaria agrícola y movimiento de suelo (Ansong & Pickering, 2014; USDA, 2017), así como su alta prolificidad (Siemens, 2011; SouthEast Natural Resources Management Board, 2009). En la provincia de Buenos Aires, su presencia fue documentada tanto en la región Sudeste como en el Sudoeste (Vigna *et al.*, 2017; Ustarroz, 2018, 2019; Yanniccari *et al.*, 2023), particularmente en cultivos de trigo y cebada, aunque también en soja, girasol, maíz y sorgo. Si bien no se dispone de estimaciones cuantitativas de pérdidas de rendimiento, existe consenso en que se trata de una de las malezas anuales de mayor complejidad de manejo. Esta situación se ve agravada por la presencia de poblaciones resistentes a glifosato, 2,4-D e inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS) (Oreja *et al.*, 2024). En este contexto, resulta necesario avanzar en el estudio de prácticas de manejo alternativas que reduzcan la dependencia de herbicidas.

La comprensión de los mecanismos que regulan la germinación de semillas de malezas constituye un aspecto central para el diseño de otras estrategias de manejo (Ramírez *et al.*, 2014). Una de las principales vías por las cuales las malezas infestan a los cultivos, es la germinación desde el banco de semillas del suelo (Buhler *et al.*, 1997). Frecuentemente, las semillas de malezas son dispersadas en estado de dormición (Benech-Arnold *et al.*, 2000) y requieren la percepción de señales ambientales, como la luz y las temperaturas alternadas, para iniciar la germinación. La dormición es un rasgo ampliamente presente en diversas familias botánicas, incluyendo también a las Brasicáceas (Baskin & Baskin, 2021). No obstante, su presencia en *H. incana* aún no ha sido suficientemente estudiada. Una vez superado el estado de dormición, la temperatura y el potencial agua del suelo modulan el control endógeno de la germinación (Alvarado & Bradford, 2002). Si bien el proceso de germinación es estimulado por una compleja red de elementos, una relación alta entre las fitohormonas giberelinas (GAs) y el ácido abscísico (ABA) es considerada como los factores más importantes para promover este proceso (Wang *et al.*, 2025).

Dos de las prácticas agronómicas más importantes destinadas a reducir la germinación y la emergencia de plántulas de malezas son la cobertura del suelo y el entierro de las semillas.

La cobertura del suelo reduce la germinación debido a que la presencia de residuos de cosecha limita la incidencia de luz y reduce la amplitud térmica, siendo su efecto dependiente de la biomasa presente (Mohler *et al.*, 2018; Teague & Teasdale, 2005). Este efecto es particularmente marcado en especies con semillas pequeñas, que suelen presentar requerimientos de luz para la germinación y reservas limitadas para sostener la emergencia desde capas del suelo más profundas (Milberg *et al.*, 2000). Sin embargo, la eficacia de estas prácticas no ha sido evaluada hasta ahora en *H. incana*. En función de lo expuesto, los objetivos de este estudio fueron: i) determinar la presencia de dormición primaria y el requerimiento de señales ambientales; ii) evaluar la respuesta de las semillas a factores ambientales como temperatura, potencial osmótico y pH; y iii) evaluar el efecto de la cobertura con residuos de cosecha y la profundidad de entierro sobre la emergencia de plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las silicuas de *H. incana* se recolectaron durante la segunda quincena de febrero de 2023 en el predio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNLZ (Buenos Aires, Argentina; 34,7637° S, 58,4530° O). Se muestrearon 30 plantas maduras seleccionadas al azar, considerando como tales aquellas con silicuas de color castaño en inicio de dehiscencia. Tras la cosecha y posterior secado (35°C durante 24 horas hasta un 5 % de humedad), las semillas se almacenaron durante tres meses a -18 °C en sobres de papel dentro de frascos de vidrio con sílica gel (50% del volumen) posteriormente cerrados y sellados con Parafilm™. Estas condiciones de conservación descritas son ampliamente utilizadas durante el almacenamiento de semillas (De Vitis *et al.*, 2020).

Ensayos de germinación

Efecto de la luz y la temperatura sobre la germinación

El experimento se realizó bajo un diseño factorial con dos factores: fotoperíodo y temperatura. El fotoperíodo comprendió dos niveles: 12 h luz/ 12 h oscuridad y oscuridad continua. Durante el período de luz, la densidad de flujo de fotones fotosintéticamente activos (PPFD) en el interior de la cámara de germinación fue de 110 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La temperatura incluyó seis regímenes: 10, 15, 20, 25, 30 y 20/30 °C. La germinación se evaluó durante 30 días, considerando como germinada toda semilla que presentó una protrusión radicular de 2 mm

(Matthews *et al.*, 2012). Cada tratamiento estuvo constituido por cuatro repeticiones de 30 semillas, dispuestas en cajas de Petri de 9 cm de diámetro sobre dos discos de papel de filtro humedecidos con 7 mL de agua destilada. Las cajas correspondientes al tratamiento de oscuridad se envolvieron con doble capa de papel de aluminio y permanecieron cerradas durante todo el ensayo, mientras que las destinadas al tratamiento con luz se colocaron en bolsas plásticas transparentes herméticas para minimizar la evaporación. En los tratamientos con luz, la germinación se registró diariamente durante 30 días, mientras que en oscuridad se evaluó únicamente al finalizar el experimento. En todos los experimentos, el porcentaje de germinación se calculó sobre el número total de semillas sembradas. Por otro lado, la viabilidad de las semillas que permanecieron sin germinar al finalizar los ensayos no fue evaluada mediante pruebas de viabilidad ni ensayos de recuperación.

Efecto del potencial osmótico en la germinación

El experimento se realizó bajo un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Se emplearon soluciones de polietilenglicol (PEG) 8000 preparadas según Michel & Kauffmann (1973) para generar seis niveles de potencial osmótico (0, -0,3, -0,6, -0,9, -1,2 y -1,5 MPa). Los ensayos se llevaron a cabo en una cámara de germinación a 20/30 °C (12 h de luz). Las semillas se embebieron con 7 ml de la solución correspondiente y se transfirieron a soluciones frescas a las 24 y 72 h para mantener constante el potencial osmótico.

Efecto del pH en la germinación

El experimento tuvo un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones de 30 semillas y fue realizado en cámara de germinación programada a 20/30 °C y un fotoperíodo de 12/12. El efecto del pH se evaluó con los siguientes tratamientos: 5,5, 6, 7 y 8,5. Esta elección obedeció a valores observados en suelos de la Provincia de Buenos Aires (Sainz Rozas *et al.*, 2011). El pH de cada solución fue evaluado mediante pH metro de mesada (Altronix modelo TPX I, Buenos Aires).

Efecto del ácido abscísico y del trinexapac-etil sobre la germinación

Para evaluar el control endógeno de la germinación se evaluó el efecto del ácido abscísico (ABA) (0, 0,2 ,1, 5, 10, 20, y 50 µM) (Sigma Aldrich, Argentina) y del trinexapac-etil (TE) (10, 50, 100, 150 y 200 µM) (Moddus 250 EC, Syngenta, Basilea, Suiza). Este último compuesto

actúa como un inhibidor de las etapas finales de la biosíntesis de giberelinas (Rademacher, 2000). El experimento se realizó bajo un diseño completamente aleatorizado. El efecto de cada compuesto se evaluó en 4 repeticiones de 30 semillas hidratadas con 7 ml de la solución correspondiente. Las semillas se colocaron en cámaras de germinación a 20/30 °C en presencia de luz (12h). Las dosis seleccionadas corresponden con dosis frecuentemente utilizadas en este tipo de ensayos de germinación (e.g. Huarte *et al.*, 2014).

Efecto de la simulación de prácticas agronómicas sobre la emergencia de plántulas

Bajo un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones por tratamiento se evaluó el efecto de la profundidad de entierro y la presencia de rastrojos de cosecha sobre la emergencia de plántulas de esta especie. La duración de ambos experimentos fue de 30 días. El factor profundidad de entierro se evaluó a cinco niveles: 0, 0,5, 1, 2 y 3 cm. Asimismo, el efecto de la presencia de rastrojos se evaluó con tres niveles diferentes equivalentes a: 0, 2,5 y 5 t ha⁻¹. Para llevar a cabo ambos experimentos se utilizaron macetas de plástico con un diámetro de 15 cm (2,7L), se las rellenó con suelo del mismo lugar en el cual se recolectaron las semillas hasta $\frac{3}{4}$ partes de su volumen. El suelo se esterilizó en autoclave para evitar la transmisión de patógenos y la interferencia de las semillas que se encontraban en el banco de semillas del suelo. El rastrojo utilizado se obtuvo de un cultivo de trigo cortado a longitudes aleatorias no mayores a los 5 cm y no menores a 1 cm. Las semillas se sembraron manualmente. Para evaluar el efecto de la profundidad de entierro, se retiró una cantidad de sustrato para crear la profundidad de siembra deseada, La superficie se niveló y se volvió a colocar una cantidad de sustrato cuidadosamente medida con una regla para asegurar la cobertura exacta por el mismo. Para evaluar el efecto del rastrojo, se colocaron las semillas directamente sobre la superficie del sustrato antes de cubrirlas con el rastrojo. Las macetas se hidrataron con agua destilada hasta observar el drenaje de agua por la base de la maceta y se colocaron al azar en el interior de bandejas plásticas que mantuvieron durante la duración del experimento (30 días) un nivel de 3 cm de agua en su base. El experimento se desarrolló en cámaras de crecimiento bajo condiciones controladas de 20/30 °C con un fotoperiodo de 12 h. Los conteos se realizaron con intervalos de 72 h durante la duración del experimento.

Análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de la varianza (ANVA). Previamente, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro–Wilk y Levene, respectivamente. Cuando el ANVA resultó significativo ($p < 0,05$), las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. En los experimentos con diseño factorial se evaluaron los efectos principales y las interacciones entre los factores. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software

InfoStat/P (Di Rienzo *et al.*, 2020). Las figuras se elaboraron con GraphPad Prism v. 8.01 (GraphPad Software, Boston, MA, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos de germinación

La germinación presentó una interacción significativa entre los factores luz y temperatura ($P < 0,0001$) (Figura 1). Los mayores porcentajes de germinación se registraron a 20/30 °C ($82,56 \pm 3,64\%$; media $\pm$ EE) y 30 °C ($80,76 \pm 3,48\%$) en presencia de luz, superando significativamente al resto de los tratamientos (Figura 1; $P < 0,05$). En contraste, el menor porcentaje de germinación se observó a 15 °C en oscuridad ($22,92 \pm 4,42\%$), aunque no difirió estadísticamente del registrado a 30 °C en oscuridad ni del obtenido a 10 °C, tanto en luz como en oscuridad.

Los elevados porcentajes de germinación alcanzados a 20/30 °C y 30 °C en presencia de luz ($>80\%$) indican una baja dormición primaria. Además, con excepción de la temperatura de 10 °C, la luz promovió significativamente la germinación. La estimulación de la germinación por la luz constituye un requerimiento frecuente en numerosas especies de malezas y ha sido documentada en diversas familias botánicas, incluidas otras Brassicaceae como *Arabidopsis thaliana* y *Brassica repanda* (Footitt *et al.*, 2013; Molina & Estrelles, 2005).

Las temperaturas más bajas evaluadas (10 y 15 °C) redujeron significativamente la germinación ($P < 0,05$), resultado coincidente con lo informado por Cuevas *et al.* (2012) para *Brassica rapa*. Asimismo, tanto en *B. rapa* como en *B. repanda*, la alternancia térmica promovió la germinación (Molina & Estrelles, 2005). En el presente estudio, la alternancia de temperaturas en oscuridad incrementó la germinación hasta alcanzar valores comparables con los obtenidos en varios tratamientos realizados en presencia de luz.

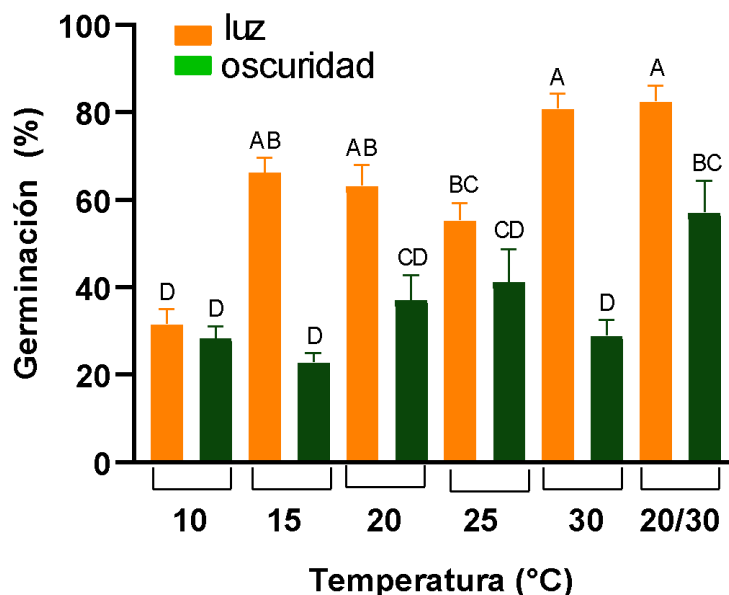


Figura 1. Medias $\pm$ EE de la germinación acumulada de semillas frescas de *H. incana* en presencia de luz (barras naranjas) y oscuridad (barras verdes) a las siguientes temperaturas 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C y 20/30°C. Letras diferentes por encima de cada barra representan diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con el Test de Tukey ($\alpha=0,05$).

Efecto del potencial osmótico sobre la germinación

La reducción del potencial osmótico de la solución por debajo de -0,3 MPa disminuyó significativamente el porcentaje de germinación ($P < 0,0001$) (Figura 2). El mayor porcentaje de germinación se registró a 0 MPa ($68,33 \pm 4,67\%$; media $\pm$ EE), seguido por el tratamiento de -0,3 MPa ($36,67 \pm 3,76\%$). En los potenciales osmóticos de -1,2 y -1,5 MPa no se registró germinación.

Las semillas de *H. incana* mostraron una elevada sensibilidad a reducciones relativamente pequeñas del potencial hídrico, en concordancia con lo informado por Kayaçetin *et al.* (2018) para *Sinapis arvensis* (Brassicaceae). Estos resultados indican que la germinación de *H. incana* queda restringida a períodos en los que el suelo presenta una adecuada disponibilidad de agua, lo que sugiere que este factor constituye un importante condicionante ambiental para el establecimiento de la especie.

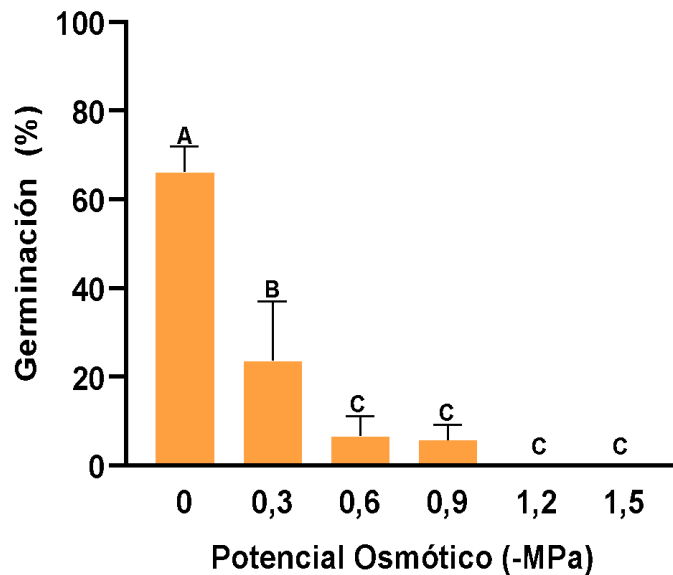


Figura 2. Medias $\pm$ EE de la germinación acumulada de las semillas de *H. Incana* expuestas a diferentes potenciales osmóticos, incubadas a 20/30 °C y 12 h de luz. Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con el Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Efecto del pH sobre la germinación

Los valores de pH ligeramente ácidos estimularon positivamente la germinación ($P < 0,0001$) (Figura 3). La mayor germinación se produjo en pH 6 ($67,30\% \pm 3,05$) y 5,50 ($59,17\% \pm 3,05$), mientras que el menor porcentaje de germinación se observó a un pH de 8,5 ($0,83\% \pm 3,05$). Estos resultados son coincidentes con lo reportado para otras Brasicáceas donde bajo pH levemente ácido (pH 5,5 y 6,5) presentan una germinación mayor (Vallabhaneni, 2024) y sugieren que en suelos con historia agrícola caracterizados por leves acidificaciones de su pH (Peters *et al.*, 2011) esta especie encuentra una condición ideal para germinar.

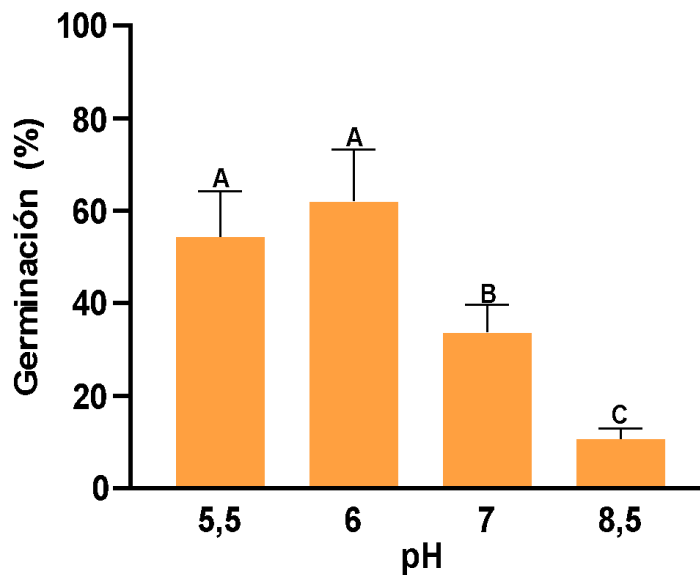


Figura 3. Medias $\pm$ EE de la germinación acumulada de las semillas de *H. Incana* a diferentes concentraciones de pH e incubadas a 20/30 °C y 12 h de luz. Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con el Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Efecto del trinexapac etil y del ácido abscísico sobre la germinación

La presencia de TE a concentraciones mayores de 10 μM redujo significativamente la germinación ($P < 0,0001$) (Figura 4). La mayor germinación se observó en el tratamiento control (*i.e.* TE 0 μM) ($68,33\% \pm 6,94\%$), seguida por 10 μM ($67,50\% \pm 6,94$), mientras que la germinación observada en el resto de los tratamientos no logró superar el 20%.

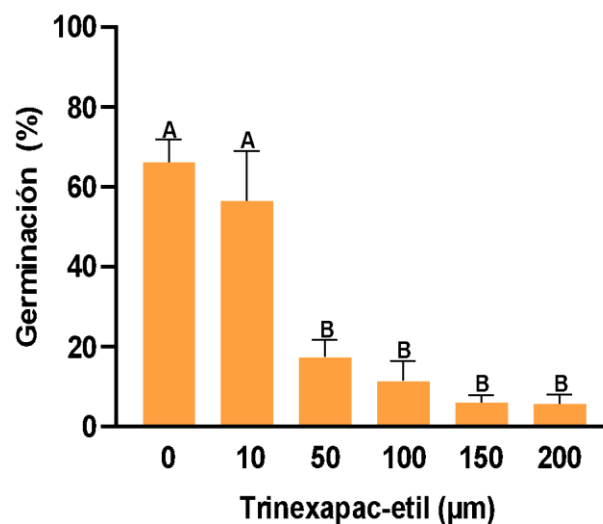


Figura 4. Medias $\pm$ EE de la germinación de las semillas de *H. Incana* a diferentes concentraciones de trinexapac-etil incubadas a 20/30 °C con 12 h de luz. Las diferentes letras

muestran las diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con el Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

La presencia de ABA afectó significativamente la germinación ($P < 0,0001$) (Figura 5). La germinación registrada a concentraciones superiores a $0,2 \mu\text{M}$ no superó un 10%.

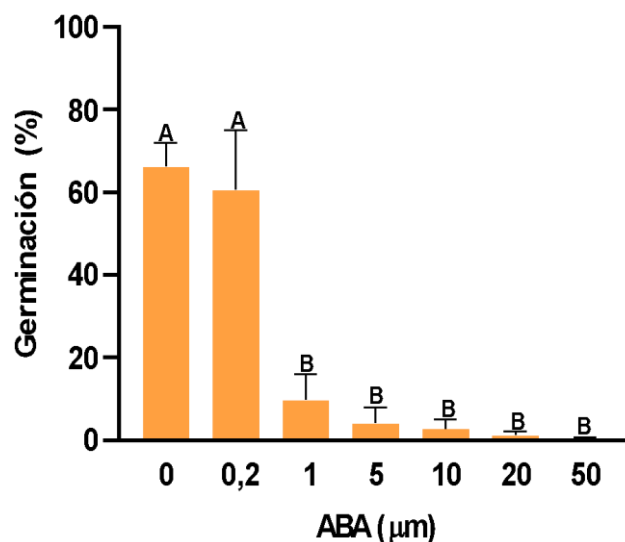


Figura 5. Medias $\pm$ EE de la germinación acumulada de semillas de *H. incana* embebidas con diferentes concentraciones de ácido abscísico (ABA) e incubadas a $20/30^\circ\text{C}$ y 12 h de luz. Las diferentes letras muestran las diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo al Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Efecto de la simulación de prácticas agronómicas sobre la emergencia de plántulas

Efecto de la presencia de rastrojo

La presencia de rastrojo de trigo en una cantidad equivalente a 5 t ha^{-1} redujo la emergencia de plántulas de *H. incana* ($P = 0,018$) (Figura 5). La emergencia en suelo descubierto alcanzó un $90,73\% \pm 5,57$ mientras que el menor porcentaje se registró bajo una cantidad equivalente a 5 t ha^{-1} ($61,67\% \pm 5,75$). Dado que los niveles de cobertura requeridos son difíciles de alcanzar en los sistemas productivos actuales de cereales de invierno, la utilización de rastrojo como estrategia para reducir la emergencia de *H. incana* sería más factible durante el pulso de emergencia otoñal posterior a la cosecha de cultivos como maíz y sorgo, en los que es posible disponer de mayores cantidades de residuos sobre la superficie del suelo (AAPRESID, 2020; Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2016). Este comportamiento contrasta con el observado en *Rottboellia cochinchinensis*, especie en la que cantidades considerablemente menores de rastrojo fueron suficientes para reducir significativamente la emergencia de plántulas (Bolfrey-Arku *et al.*, 2011).

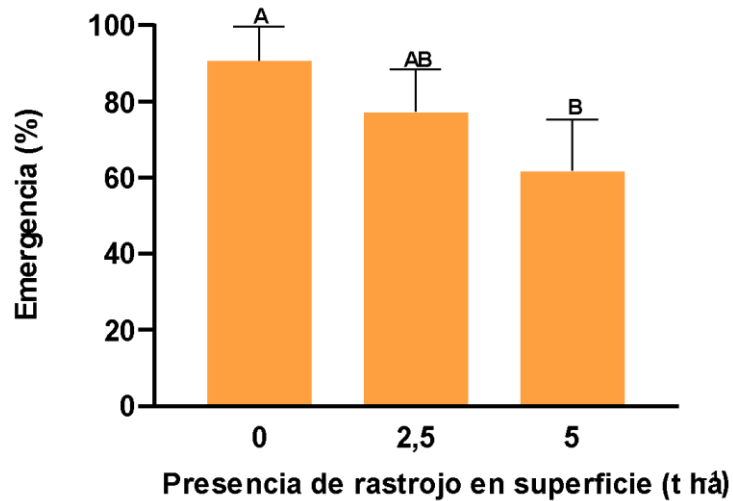


Figura 6. Porcentaje de emergencia acumulado $\pm$ EE de semillas de *H. incana* bajo diferentes coberturas en rastrojo equivalentes a 0, 2,5 y 5 t ha⁻¹. El ensayo se realizó en condiciones controladas de 20/30 °C + luz. Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo con Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Efecto de la profundidad de entierro

El entierro de semillas a profundidades superiores de 0,5 cm afectó el porcentaje de emergencia ($P < 0,0001$) (Figura 7). La mayor emergencia se registró en semillas dispuestas sobre la superficie alcanzando un $87,50\% \pm 5,19$, mientras que a una profundidad de 0,5 cm en adelante la emergencia se redujo hasta valores inferiores al 39% siendo a 3 cm donde se registró el menor porcentaje ($10\% \pm 5,19$). Por lo tanto, una de las razones que explica la expansión de la especie en el ambiente pampeano es la ausencia de labranza primaria permaneciendo sucesivas cohortes de semillas sobre superficie. Como informamos, aún una escasa profundidad de entierro es útil en la reducción de la emergencia de plántulas de *H. incana*. Un comportamiento similar también fue descrito en *Amaranthus quitensis* por Faccini & Vitta (2007). En cambio, semillas de otras especies como *Echinochloa colona* requieren profundidades de 6 cm para afectar la emergencia (Chauhan & Johnson, 2009) o mayores como en *Eleusine indica* donde fue significativamente reducida a los 8 cm (Chauhan & Johnson, 2008).

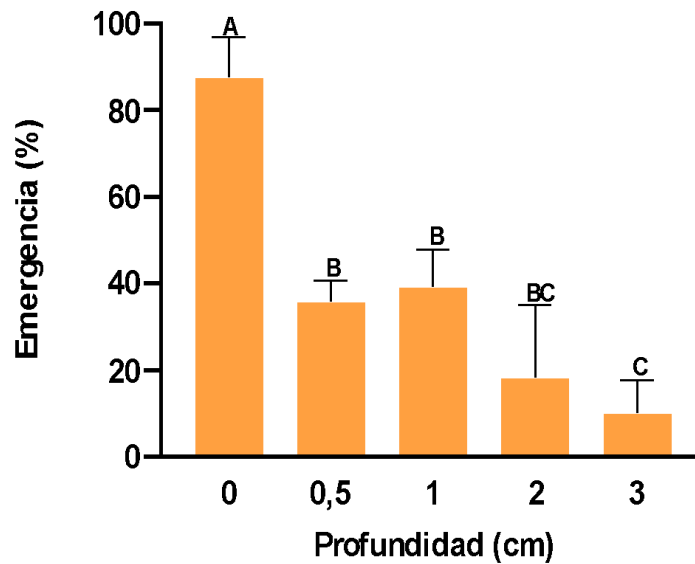


Figura 7. Emergencia acumulada $\pm$ EE de las semillas de *H. incana* a diferentes profundidades de entierro. Las semillas fueron expuestas a 20/30 °C + luz. Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos según el Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

CONCLUSIONES

Este estudio proporciona las primeras bases para la comprensión del comportamiento de esta especie y otorga información sobre el efecto de prácticas agronómicas que reducen la emergencia. Se observó que la germinación ocurre en un rango amplio de temperaturas reflejando la plasticidad de esta especie. En cambio, la germinación disminuyó ante ligeras reducciones de disponibilidad de agua por lo que en periodos secos del año no sería previsible la aparición de pulsos de emergencia en el campo. Estos resultados y la preferencia por condiciones ligeramente ácidas son importantes para comprender las condiciones ambientales más favorables para *H. incana*. La información obtenida sobre la merma en la emergencia como consecuencia del entierro de las semillas, por ejemplo, bajo labranzas convencionales o conservacionistas, aparecen como estrategias prometedoras para el control de esta maleza. Del mismo modo, la permanencia de residuos de cosecha sobre el suelo en especial de cultivos que dejen volúmenes importantes contribuiría de manera efectiva en la reducción de la emergencia. Se requieren de ensayos complementarios para evaluar, por ejemplo, diferencias interanuales en la respuesta a factores ambientales, evaluar otras procedencias y de ser posible alguna con resistencia a herbicidas para alcanzar conclusiones más definitivas. Asimismo, estimar la sobrevida de las semillas en el suelo y poder determinar si forman bancos de semillas temporarios o persistentes. Estos ensayos se encuentran en curso por otros integrantes del grupo.

BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE PRODUCTORES EN SIEMBRA DIRECTA, AAPRESID (2020) Informe final Chacra Pergamino (2011–2020). AAPRESID. <https://www.aapresid.org.ar/blog/informe-final-chacra-pergamino-2011-2020>
- ALVARADO V & BRADFORD KJ (2002) A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell & Environment*, **25**(8), 1061–1069. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00894>
- ANSONG M & PICKERING C (2014) Weed seeds on clothing: A global review. *Journal of Environmental Management*, **144**, 203–211.
- UNITED STATES. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), ANIMAL AND PLANT HEALTH INSPECTION SERVICE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE (2017) Agricultural Quarantine Activity System (AQAS) database. <https://moks14.aphis.usda.gov/aqas/login.jsp>
- BASKIN JM & BASKIN CC (2021) The great diversity in kinds of seed dormancy: A revision of the Nikolaeva–Baskin classification system for primary seed dormancy. *Seed Science Research*, **31**(4), 249–277.
- BENECH-ARNOLD RL, SÁNCHEZ RA, FORCELLA F, KRUK BC & GHERSA CM (2000) Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, **67**(2), 105–122.
- BOLFREY-ARKU GE, CHAUHAN BS & JOHNSON DE (2011) Seed germination ecology of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*). *Weed Science*, **59**(2), 182–187.
- BUHLER DD, HARTZLER RG & FORCELLA F (1997) Implications of weed seedbank dynamics to weed management. *Weed Science*, **45**(3), 329–336.
- CABI (2017) *Hirschfeldia incana*. En CABI Compendium Invasive Species. CAB International. <https://www.cabi.org/isc>
- CHAUHAN BS & JOHNSON DE (2008) Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): An important grass weed of rainfed rice. *Weed Science*, **56**(5), 699–706.
- CHAUHAN BS & JOHNSON DE (2009) Seed germination ecology of junglerice (*Echinochloa colona*): A major weed of rice. *Weed Science*, **57**(3), 235–240.
- CRESCO RJ & ZANCZUK F (2021) Distribución de *Hirschfeldia incana* (L.) Lagr.-Foss. en la zona núcleo norte de Argentina. Actas III Congreso Argentino de Malezas (ASACIM). Asociación Argentina de Ciencia de las Malezas (ASACIM).
- DE VITIS M, HAY FR, DICKIE JB, TRIVEDI C, CHOI J & FIEGENER R (2020) Seed storage: Maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*, **28**(3), S249–S255. <https://doi.org/10.1111/rec.13174>

DI RIENZO JA, CASANOVES F, BALZARINI MG, GONZÁLEZ L, TABLADA M & ROBLEDO CW (2020) InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

FACCINI D & VITTA J (2007) Efecto de la profundidad de siembra, cobertura de rastrojo y ambiente térmico sobre la germinación y emergencia de *Amaranthus quitensis* K. *Agriscientia*, **24(1)**, 19-27.

FOOTITT S, HUANG Z, CLAY HA, MEAD A & FINCH-SAVAGE WE (2013) Temperature, light and nitrate sensing coordinate Arabidopsis seed dormancy cycling, resulting in winter and summer annual phenotypes. *The Plant Journal*, **74(6)**, 1003-1015.

KAYAÇETIN F, EFEOĞLU B & ALIZADEH B (2018) Effect of NaCl and PEG-induced osmotic stress on germination and seedling growth properties in wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **28(1)**, 62-68.

MATTHEWS S, NOLI E, DEMIR I, KHAJEH-HOSSEINI M & WAGNER MH (2012) Evaluation of seed quality: from physiology to international standardization. *Seed Science Research*, **22(S1)**, S69–S73. <https://doi.org/10.1017/S0960258511000365>

MICHEL BE & KAUFMANN MR (1973) The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, **51(5)**, 914-916. <https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914>

MILBERG P, ANDERSSON L & THOMPSON K (2000) Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research*, **10(1)**, 99–104. <https://doi.org/10.1017/S0960258500000118>

MOHLER CL, TAYLOR AG, DI TOMMASO A, HAHN RR & BELLINDER RR (2018) Effects of incorporated rye and hairy vetch cover crop residue on the persistence of weed seeds in the soil. *Weed Science*, **66(3)**, 379-385.

MOLINA NF & ESTRELLES E (2005) Respuesta germinativa de *Brassica repanda* subsp. *maritima*, *Lavandula pedunculata* y *Silene cambessedesii*. *Anales de Biología*, **27**, 63-68.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2017) Germplasm Resources Information Network (GRIN). <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearch.aspx?language=en>

OREJA FH, MORENO N, GUNDEL PE, VERCELLINO RB, PANDOLFO CE, PRESOTTO A et al. (2024) Herbicide-resistant weeds from dryland agriculture in Argentina. *Weed Research*, **64(2)**, 89-106.

PARSONS WT & CUTHBERTSON EG (2001) *Hirschfeldia*. En *Noxious weeds of Australia*. CSIRO Publishing, 712 pp. Web. <http://books.google.fr/books?id=sRCrNAQQrpwC>

PETERS GM, WIEDEMANN S, ROWLEY HV, TUCKER R, FEITZ AJ & SCHULZ M (2011) Assessing agricultural soil acidification and nutrient management in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, **16(5)**, 431-441.

PIGNATTI S (1982) Flora d'Italia. Edagricole Editore, I, 113-120.

RADEMACHER W (2000) Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **51**, 501–531. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.501>

RAMÍREZ AHM, JHALA AJ & SINGH M (2014) Factores que afectan la germinación del melón citrón (*Citrullus lanatus* var. *citroides*). *Weed Science*, **62**(1), 45–50.

RODRÍGUEZ-LARRAMENDI L, GUEVARA-HERNÁNDEZ F, OVANDO-CRUZ J, MARTO-GONZÁLEZ JR & ORTIZ-PÉREZ R (2016) Growth and harvest index of local maize varieties (*Zea mays* L.) in communities of the Frailesca region of Chiapas, Mexico. *Cultivos Tropicales*, **37**(3), 137–145.

SAINZ ROZAS HR, ECHEVERRÍA HE & ANGELINI HP (2011) Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana argentina. *Ciencia del Suelo*, **29**(1), 29–37.

SIEMENS J (2011) *Hirschfeldia*. En C. Kole (Ed.), *Wild crop relatives: Genomic and breeding resources: Oilseeds* (pp. 171–176). Berlin, Heidelberg, Germany: Springer Verlag

SOUTHEAST NATURAL RESOURCES MANAGEMENT BOARD (2009) Regional weed control plan. Department for Environment and Water, Government of South Australia

TEAGUE LN & TEASDALE JR (2005) Effects of cover crop residue on weed emergence and soil thermal regimes. *Weed Science*, **53**(1), 31–38.

USTARROZ D (2018) *Hirschfeldia incana* “nabo o mostacilla” resistente a glifosato y 2,4-D. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.

USTARROZ D (2019) Alternativas de control de *Hirschfeldia incana* “mostaza” resistente a glifosato y 2,4-D. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.

VALLABHANENI M, DONG Z & GOUD EM (2025) Differential impacts of pH and acid type on seed germination and seedling growth in *Brassica juncea* and *Raphanus sativus*. *Plant-Environment Interactions*, **6**(5), e70074. <https://doi.org/10.1002/pei3.70074>

WANG Y, SUN X, PENG J, LI F, ALI F & WANG Z (2025) Regulation of seed germination: ROS, epigenetic, and hormonal aspects. *Journal of Advanced Research*, **71**, 107–125. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.06.001>

VIGNA MR, FROLA FD & CARRETO LM (2017) Sensibilidad diferencial a 2,4-D de una población de *Hirschfeldia incana* (L.) resistente a metsulfuron-metil en el SO de Buenos Aires, Argentina. En *Actas del XXIII Congreso Latinoamericano de Malezas y III Congreso Iberoamericano de Malezas* (pp. 325–329). Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM).

YANNICCARI M, DUVIELH A & GIGÓN R (2023) Mutación de punto (W574L) en el gen codificante de la ALS como mecanismo de resistencia a metsulfuron en *Hirschfeldia incana*. En: *Actas del IV Congreso Argentino de Malezas* (pp. 292–293). Asociación Argentina de Ciencia de las Malezas (ASACIM).

