

Evaluación de herbicidas alternativos al uso de paraquat como desecantes en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*)

Evaluation of alternative herbicides to paraquat use as desiccants in pea (*Pisum sativum L.*) crop

Espósito, M.A.¹; Prieto, G.²; Oreggioni, G.³; García, A. V.¹

¹EEA INTA Oliveros; Santa Fe, ²AER Arroyo Seco; Santa Fe, ³Agrofin Agrocommodities S.A
garcia.andrea@inta.gob.ar

Citar como: Espósito et al. (2025)

Evaluación de herbicidas alternativos al uso de paraquat como desecantes en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) en Malezas 14, 67-74

RESUMEN

La arveja presenta maduración desuniforme, por lo que se aplican herbicidas desecantes antes de la cosecha. El objetivo de este trabajo fue evaluar el porcentaje de secado (%S) y los niveles de residuos en grano de distintos herbicidas propuestos como alternativas al paraquat. El ensayo se realizó bajo un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: diquat, paraquat, glifosato, glufosinato de amonio, carfentrazone, saflufenacil, fomesafen y un testigo sin aplicación. A los 5 días después de la aplicación (DDA) se determinó el %S y a los 10 DDA se cosecharon las parcelas para medir humedad (%H) y analizar residuos mediante cromatografía líquida de alta resolución acoplada a espectrometría de masas en tandem (HPLC-MSMS), comparando los valores con los límites máximos de residuos (LMR) establecidos por la Unión Europea. El paraquat presentó el mayor %S (92 %), diferenciándose significativamente del resto. El carfentrazone mostró el %H más alto (13,77 %), similar al testigo, diquat y glufosinato. Los menores valores de %H correspondieron a paraquat (10,83 %) y glifosato (10,6 %). Los tratamientos con residuos por debajo del LMR fueron diquat (0,063 mg kg⁻¹), glifosato (2,59 mg kg⁻¹) y saflufenacil (0,0086 mg kg⁻¹). En cambio, paraquat, glufosinato y fomesafen superaron los LMR, mientras que el carfentrazone no fue detectado. En conclusión, los resultados preliminares indican que el diquat podría constituir una alternativa viable al uso de paraquat como desecante en arveja, aunque se recomienda repetir el ensayo para confirmar estos resultados.

Palabras clave: legumbres, límite máximo de residuos, cosecha.

SUMMARY

Pea crops exhibit uneven ripening; therefore, desiccant herbicides are applied before harvest. The objective of this study was to evaluate the drying percentage (%D) and grain residue levels of different herbicides proposed as alternatives to paraquat. The experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications. Treatments included: diquat, paraquat, glyphosate, ammonium glufosinate, carfentrazone, saflufenacil, fomesafen, and an untreated control. Five days after application (DAA), %D was determined, and at 10 DAA, plots were harvested to measure moisture content (%M) and analyze residues using high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS). Results were compared with the maximum residue limits (MRLs) established by the European Union. Paraquat showed the highest %D (92 %), significantly different from the other treat-

ments. Carfentrazone exhibited the highest %M (13.77 %), similar to the control, diquat, and glufosinate. The lowest %M values were recorded for paraquat (10.83 %) and glyphosate (10.6 %). Treatments with residue levels below the MRL were diquat (0.063 mg kg^{-1}), glyphosate (2.59 mg kg^{-1}), and saflufenacil ($0.0086 \text{ mg kg}^{-1}$). In contrast, paraquat, glufosinate, and fomesafen exceeded the MRLs, while carfentrazone was not detected. In conclusion, preliminary results indicate that diquat could represent a viable alternative to paraquat as a desiccant in pea crops, although repeating the experiment is recommended to confirm these findings.

Keywords: legumes, maximum residue limit, harvest.

INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una especie perteneciente a la familia de las Fabáceas (subfamilia: Papilonoideas), que se caracteriza por una maduración desuniforme debido a su hábito de crecimiento indeterminado, y por efecto de las condiciones climáticas en la etapa reproductiva. (Endres & Kandel, 2021). La maduración desuniforme expone a las semillas al deterioro por parte del ambiente, comprometiendo la calidad del producto cosechado. Para minimizar esto, se utilizan herbicidas clasificados como “desecantes” que se aplican previo a la cosecha, luego de que la planta alcanzó el estado de madurez fisiológica. El momento oportuno para aplicar depende de diversos factores, entre los cuales el clima juega un rol fundamental si se quiere obtener un grano de calidad. En poroto y lenteja, una aplicación demasiado anticipada puede provocar pérdidas de rendimiento e incrementar significativamente el nivel de residuos en las semillas (Mc Naughton *et al.* 2015; Ti Zhang, 2015). Por otro lado, el atraso en el momento óptimo puede afectar la integridad del grano cosechado (“bleaching”, manchado, arrugado, brotado, roído, etc.).

El secado químico es una práctica que trae aparejada algunos beneficios, como uniformar la maduración de la arveja y controlar algunas especies de malezas que emergieron durante el ciclo del cultivo y que pueden interferir con la cosecha. Actualmente, en la Argentina, los herbicidas desecantes que se encuentran registrados para el cultivo de arveja son: saflufenacil, diquat y paraquat (SENASA, 2025), siendo este último uno de los más utilizados debido a su rápida acción. Sin embargo, con frecuencia se suele encontrar residuos de este herbicida en los granos cosechados, en ocasiones por encima del Límite Máximo de Residuos (LMR), que es el nivel más alto de residuos de plaguicidas que se tolera legalmente en alimentos de consumo humano o animal cuando se aplican correctamente. Este valor difiere según el cultivo, los pesticidas utilizados y el país donde se comercialicen los productos agrícolas (Normativa internacional de la Unión Europea). Sumado a esto, existen restricciones en determinados mercados debido a sus efectos sobre la salud humana y el ambiente (Fuchs *et al.*, 2023). En este contexto, resulta esencial hallar alternativas para el secado del cultivo de arveja en caso de que se extienda la prohibición de paraquat como ya sucedió en China, Corea del Sur, la Unión Europea y el Reino Unido (Albrecht *et al.*, 2022).

Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo es evaluar el porcentaje de secado y los niveles de residuos en grano tras la aplicación de distintos herbicidas propuestos como desecantes alternativos al paraquat sobre el cultivo de arveja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental INTA Oliveros, sobre un lote con arveja Viper, sembrado el 24 de junio de 2024, a una densidad de 90 plantas por m^2 . El barbecho se realizó con 700 cc ha^{-1} de imazetapir (Fidemax 10% concentrado soluble) y 500 cc ha^{-1} de metribuzin (Sencorex 48% suspensión concentrada). Previo a la siembra, la semilla fue curada con 1 cc kg^{-1} de semilla de fludioxonil y metalaxil (Maxim RFC) e inoculada con la cepa de *Rhizobium leguminosarum* biovar viceae (Rilegum Top a razón de 4 cc kg^{-1} de semilla). Durante el ciclo del cultivo se pulverizó contra pulgones con lambdacialotrina (Knowdus MLY).

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones. Se realizaron siete tratamientos de herbicidas más un control sin aplicación (Cuadro 1). El tamaño de las parcelas fue de 10 m de largo por 3 m de ancho. Los tratamientos se aplicaron

cuando el cultivo se encontraba en estado de senescencia (estado fenológico 301 según la escala de Knott 1987). Para esto, se utilizó una mochila de presión constante con fuente de CO₂ que erogó un caudal de 149 litros ha⁻¹, con boquillas de abanico plano 11015 a una presión de 4 bares, obteniendo un total de 95 impactos cm⁻² (medidos en la regulación). Las condiciones ambientales fueron: 34°C de temperatura, 48% de humedad relativa y la velocidad del viento fue de 3,9 Km h⁻¹.

A los 5 días después de la aplicación (DDA), se registró el porcentaje de secado de los distintos herbicidas utilizados como desecantes en cada parcela. Este porcentaje se estimó visualmente en comparación con el testigo sin aplicación, utilizando una escala de 0 a 100 %, donde 0 indica ausencia de efecto y 100 % corresponde al máximo nivel de secado observado.

Luego, a los 10 DDA, se realizó la cosecha con máquina experimental y en ese momento, se determinó la humedad del grano con un humidímetro portátil utilizando una muestra al azar de cada parcela cosechada. El análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias (LSD de Fisher), se realizó con Software InfoStat versión 2020.

Luego de 38 días DDA, se determinaron los niveles de residuos de herbicidas a través de Cromatografía Líquida de Alta Resolución - Espectrometría de Masas en tandem (HPLC MSMS) en las 24 muestras de granos cosechados. Posteriormente, los datos obtenidos fueron comparados con los LMR propuestos por la normativa internacional de la Unión Europea (Cuadro 4).

Cuadro 1: Detalle de los tratamientos realizados.

	Tratamientos	Marca comercial	Dosis de producto comercial (cc o gr ha ⁻¹)	Dosis de ingrediente activo (gr i.a. ha ⁻¹)
1	Diquat	Reglone	2000	800
2	Paraquat	AFA	2000	540
3	Glifosato	AFA Fideplus 66,2	2000	1324
4	Glufosinato de amonio	Lifeline	2000	560
5	Carfentrazone	Affinity	75	30
6	Saflufenacil	Heat	50	35
7	Fomesafen	Fidemax fomesafen 25	1000	262,5
8	Testigo		0	0

Las temperaturas mínimas y máximas junto con las precipitaciones durante el período junio-octubre de 2024 se registraron utilizando la estación meteorológica del INTA Oliveros (Figura 1). Durante la primera quincena de julio, ocurrieron varias heladas consecutivas, lo que provocó el retraso en la emergencia de la arveja, hacia finales del mes. Luego, en agosto, también se registraron heladas que necrosaron gran parte de las plantas emergidas (en ese momento el cultivo se encontraba en el estado 106 (Knott, 1987). Esto provocó que broten nuevas ramificaciones causando una madurez desuniforme.

A la siembra, el perfil del suelo se encontraba con una lámina promedio de agua útil de 259,1 mm a los 2 metros de profundidad que se determinó con el método gravimétrico y que correspondía a 86,6% de la capacidad de campo del suelo. Sin embargo, durante el período vegetativo se registraron 45 mm, de los cuales, el 78%, fue durante el mes de agosto (Figura 1).

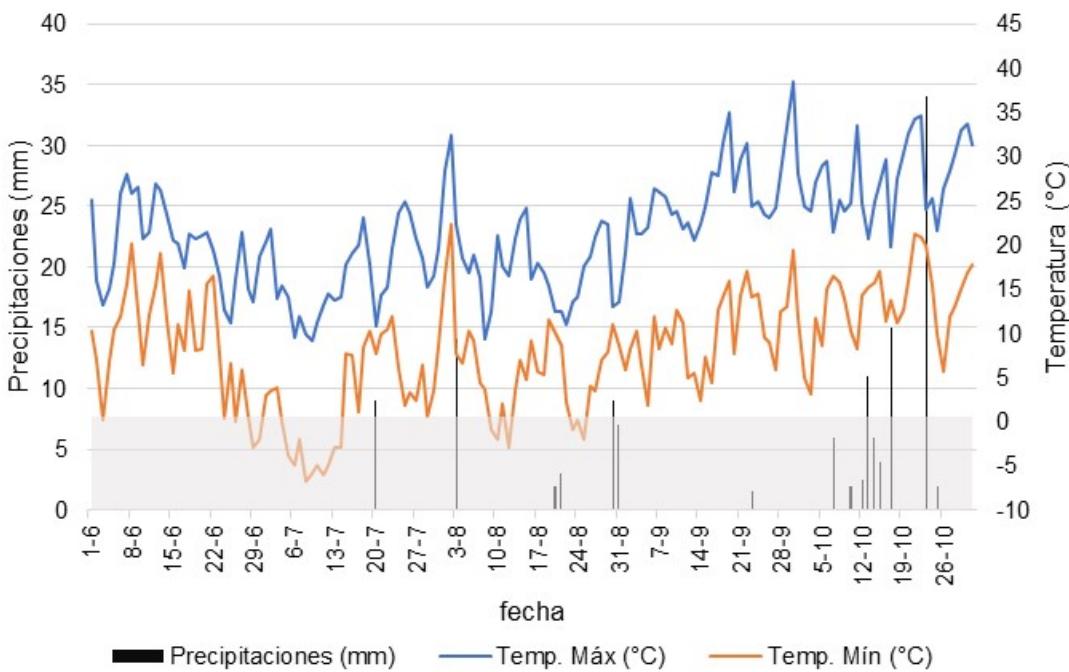


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones registradas por la estación meteorológica del INTA Oliveros durante el período de junio a octubre de 2024. En sombreado, se destacan las ocurrencias de las heladas meteorológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de secado

El tratamiento de paraquat tuvo el mayor porcentaje de secado a los 5 DDA y se diferenció significativamente del resto de los tratamientos (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los observados en los ensayos de los años 2021 y 2023 (datos no publicados), donde dicho tratamiento obtuvo el mayor valor (96 % y 80 %, respectivamente). En segundo lugar, se posicionó el diquat (72 %) diferenciándose del testigo y del resto de los tratamientos. El saflufenacil (60 %), glufosinato de amonio (60 %), glifosato (57 %), carfentrazone (57 %) y fomesafen (47 %) no mostraron diferencias estadísticas entre ellos y presentaron mayor porcentaje de secado respecto al control. Esto podría explicarse por las diferencias en el tiempo que transcurre entre la absorción, transporte y posterior aparición de los síntomas de los principios activos utilizados. En el caso del diquat y sobre todo el paraquat, se absorben rápidamente por las hojas y ante la presencia de luz, los síntomas son visibles a las pocas horas después de su aplicación, llegando a su máxima actividad necrótica a los tres días aproximadamente (Faccini, D. 2004). El resto de los herbicidas utilizados, como por ejemplo el glifosato su acción es más lenta y los síntomas son visibles a los 3 a 8 días después de la aplicación (Tuesca et al., 2004). Mientras que el glufosinato de amonio la aparición de los síntomas se manifiesta de 2 a 5 días y su acción depende de la alta luminosidad del ambiente (Faccini et al., 2017). En el caso de carfentrazone, fomesafen y saflufenacil, los síntomas se manifiestan a las pocas horas, pero la necrosis y la muerte ocurren después de varias semanas (Figuras 2, 3, 4 y 5).

**Se podría inferir de forma preliminar
que el diquat sería una de las
alternativas al uso de paraquat**

Cuadro 2. Porcentaje promedio de secado (%) y error estándar de cada tratamiento a los 5 DDA

Tratamientos	Promedio de secado (%) y nivel de significancia	Error estándar
Paraquat	92	A 1,67
Diquat	72	B 1,67
Saflufenacil	60	C 0
Glufosinato de amonio	60	C 5,77
Glifosato (66,2%)	57	CD 3,33
Carfentrazone	57	CD 6,67
Fomesafen	47	D 6,67
Testigo	0	E 0

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes. Test LSD Fisher ($p > 0,05$).

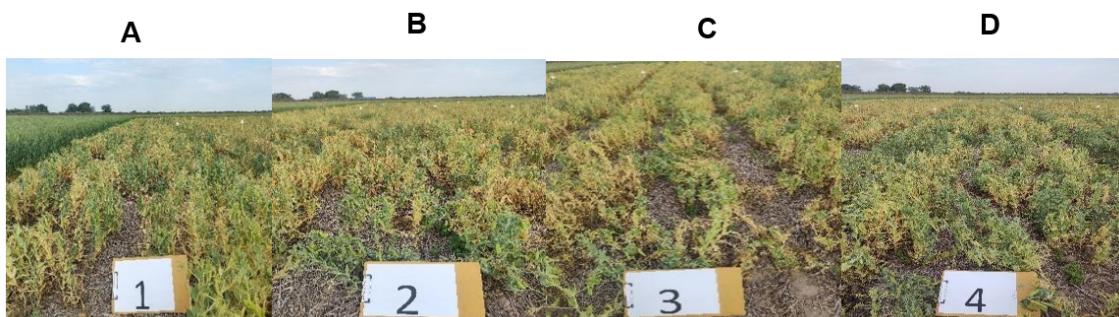


Figura 2. Estado de las parcelas de los tratamientos al momento de la aplicación. A) diquat, B) paraquat, C) glifosato, D) glufosinato de amonio.

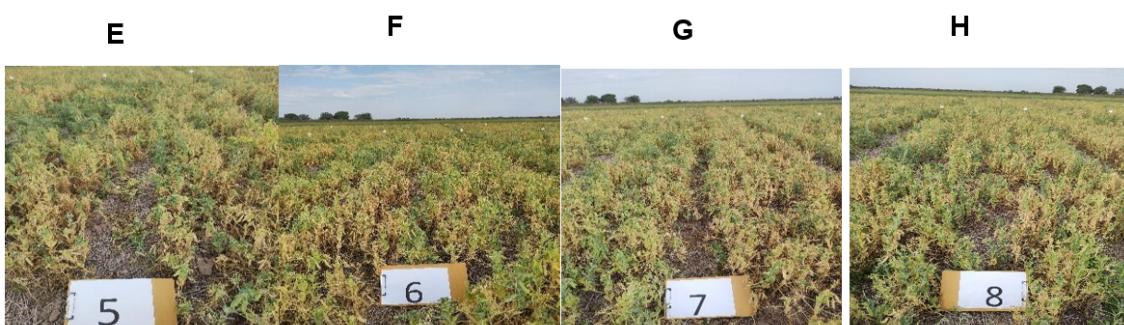


Figura 3. Estado de las parcelas de los tratamientos al momento de la aplicación. E) carfentrazone, F) saflufenacil, G) fomesafen, H) testigo sin aplicar.



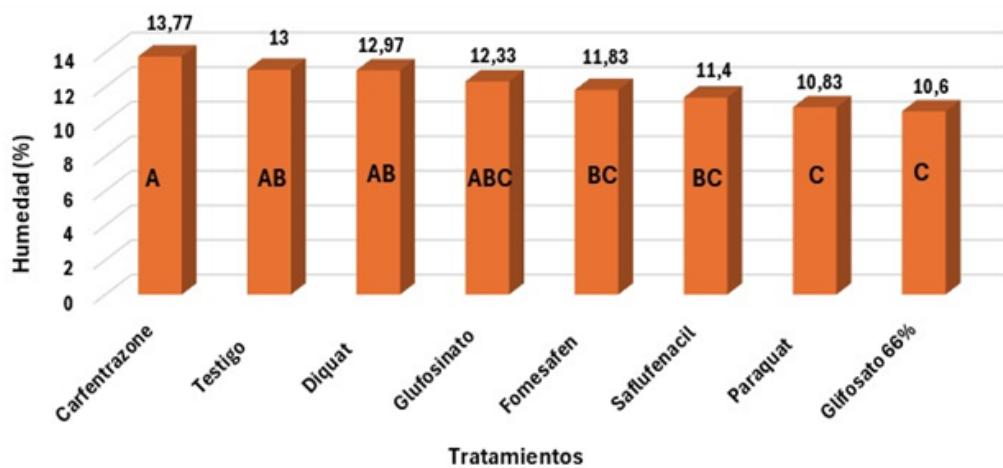
Figura 4. Detalle de los tratamientos a los 5 DDA. A) diquat, B) paraquat, C) glifosato, D) glufosinato de amonio.



Figura 5. Detalle de los tratamientos a los 5 DDA. E) carfentrazone, F) saflufenacil, G) fomesafen. H) testigo sin aplicar.

Humedad en grano

El tratamiento con mayor porcentaje de humedad al momento de la cosecha fue el carfentrazone, sin diferenciarse del testigo, diquat y glufosinato de amonio (Figura 6). Contrariamente, los tratamientos con paraquat y glifosato presentaron menor porcentaje de humedad a la cosecha, sin diferencias estadísticas con los tratamientos glufosinato de amonio, fomesafen y saflufenacil.



*Medias con una letra común no son significativamente diferentes. Test LSD Fisher ($p > 0,05$).

Figura 6. Porcentaje de humedad a cosecha de los tratamientos.

Residuos en grano

Los residuos de herbicidas desecantes en las semillas variaron según el tratamiento, registrándose valores por debajo de los LMR en algunos casos y superiores en otros. Las semillas del tratamiento con diquat exhibieron valores promedios de residuos de $0,063 \text{ mg kg}^{-1}$, indicando valores de residuos inferiores al LMR fijado por la normativa de $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ (Normativa Internacional Europea) (Cuadro 3). De manera similar sucedió con glifosato, donde se encontraron valores promedio de $2,59 \text{ mg kg}^{-1}$ y el LMR es de 10 mg kg^{-1} , y en saflufenacil, donde el promedio fue de $0,0086 \text{ mg kg}^{-1}$ y el LMR de $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$. En cambio, en el caso del paraquat las muestras exhibieron $0,781 \text{ mg kg}^{-1}$ en promedio y el LMR es de $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$ es decir, que las mismas presentaron 39 veces más residuos que el límite permitido. De manera similar ocurrió con el glufosinato de amonio, las muestras exhibieron en promedio $2,897 \text{ mg kg}^{-1}$, lo que demuestra un nivel de residuos 10 veces más que el LMR ($0,3 \text{ mg kg}^{-1}$). Mientras que el tratamiento con fomesafen, las muestras tuvieron $0,076 \text{ mg kg}^{-1}$ en promedio, evidenciando un valor de 8 veces más alto que el límite permitido ($0,01 \text{ mg kg}^{-1}$). En el tratamiento de carfentrazone no se detectaron residuos en las muestras remitidas al laboratorio.

Cuadro 3. Residuos de herbicidas (mg kg^{-1} grano) para cada tratamiento, comparación con los Límites Máximos de Residuos (LMR) de las normativas de la Unión Europea y relación entre ambos valores.

Tratamientos	Residuos (mg Kg^{-1})	Límite normativo (mg Kg^{-1})	Relación muestra/límite
1 Diquat	0,063	0,3	0,21
2 Paraquat	0,781	0,02	39
3 Glifosato 66%	2,59	10	0,26
4 Glufosinato de amonio	2,897	0,3	10
5 Carfentrazone	ND	0,05	
6 Saflufenacil	0,0086	0,1	0,09
7 Fomesafen	0,076	0,01	8
9 Testigo	0		

ND: No detectable

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este experimento, el paraquat fue el herbicida de mayor porcentaje de secado, seguido por diquat. Por otro lado, obtuvo un menor porcentaje de humedad a cosecha mientras que el resto de los herbicidas utilizados alcanzaron valores más altos.

Con respecto a los residuos en grano, el paraquat, glufosinato de amonio y fomesafen tuvieron valores promedio por encima del LMR de la normativa de la Unión Europea, mientras que el diquat, glifosato y saflufenacil registraron valores por debajo del LMR. Cabe destacar que el carfentrazone no fue detectado en las muestras. Los resultados alcanzados en este experimento difieren de los obtenidos en la campaña pasada, donde sólo se registraron residuos de paraquat (datos no publicados). Esto podría deberse a que en esta campaña (a diferencia de la anterior) se realizó la aplicación de los tratamientos en parcelas con un mayor porcentaje de plantas verdes.

En base a los resultados obtenidos, se podría inferir de forma preliminar que el diquat sería una de las alternativas al uso de paraquat, sin embargo, se necesita repetir el experimento para corroborar estos resultados.

Equipo de investigación**AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la empresa Agrofin Agrocommodities S.A que, a través del convenio de colaboración técnica, nos permite realizar los análisis de residuos en granos.

BIBLIOGRAFÍA

- ENDEL G & KANDEL H (2021) Field Pea Production. NDSU Extension. A1166. Recuperado de: <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2021-12/a1166.pdf>
- FACCINI D (2004) Inhibidores de la síntesis de la clorofila. En J. Vitta (Ed). Herbicidas: Características y Fundamentos de su Actividad. pp 39-42, UNR Ediciones.
- FUCHS JS, MIGLIORANZA KSB, WOLANSKY MJ, BRODEUR J, BUTINOFF M et al. (2023) Paraquat: Efectos sobre la biota e impactos en la salud humana; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas;173.
- KNOTT CM (1987) A key for stage development of the pea (*Pisum sativum*). *Ann. Appl. Biol.* **111**, 233-244.
- KRISTEN E et al. (2015) Effect of five desiccants applied alone and in combination with glyphosate in dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Canadian Journal of Plant Science* **95**, 6. <https://doi.org/10.4141/cjps-2015-098>
- COMISION EUROPEA, NIVELES MAXIMOS DE RESIDUOS, EU Pesticides Database (v3.3) <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrls>
- SENASA, 2025. <https://aps2.senasa.gov.ar/vademecum/app/publico/formulados>
- ZHANG T, JOHNSON EN, WILLENBORG CJ (2016) Evaluation of harvest-aid herbicides as desiccants in lentil production. *Weed Technology* **30**(3), 629-638. doi:10.1614/WT-D-16-00007.1
- TUESCA D & NISENHOHN L (2004) Inhibidores de la síntesis de aminoácidos. En J. Vitta (Ed). Herbicidas: Características y Fundamentos de su Actividad, pp 51-62, UNR Ediciones.