

Respuesta de *Amaranthus hybridus* L. a herbicidas con distinto sitio de acción

*Response of Amaranthus hybridus L.
to herbicides with different sites of action*

Risso, A.; Morello, J.P.; Scursoni, J.A.

Cátedra de Producción Vegetal. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía
scursoni@agro.uba.ar

Citar como: Risso et al. (2025)
*Respuesta de Amaranthus hybridus L. a herbicidas con
distinto sitio de acción en Malezas 14, 37-48*

RESUMEN

En los últimos años se han observado fallas en el control de yuyo colorado con herbicidas pertenecientes a distintos modos de acción. En este contexto, se llevaron a cabo dos experimentos en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía (UBA), utilizando poblaciones de *Amaranthus hybridus* L. provenientes del sur de Santa Fe, con el objetivo de evaluar su respuesta a diferentes tratamientos herbicidas. Cada experimento se planteó con un diseño factorial compuesto por dos poblaciones y ocho tratamientos herbicidas, con cuatro repeticiones. En el primer experimento se aplicaron saflufenacil, fomesafén, fomesafén + metolaclo, clorimurón y paraquat. Para saflufenacil y paraquat, cuatro unidades experimentales se mantuvieron con luz y otras cuatro en oscuridad durante las 18 horas posteriores al tratamiento. En el segundo experimento se aplicaron 2,4-D, dicamba, clorimurón glufosinato de amonio y fomesafén; en este caso, la mitad de las plantas tratadas con fomesafén y glufosinato de amonio se mantuvieron con luz y la otra mitad en oscuridad después de la aplicación. A los 7, 15, 25 y 45 días posteriores a la aplicación de los herbicidas se evaluó la supervivencia. En madurez se registraron el peso húmedo y la producción de semillas de los individuos de cada unidad experimental, y luego se calculó la relación biomasa/producción de semillas para cada tratamiento. Los tratamientos con paraquat, glufosinato de amonio, fomesafén + metolaclo, saflufenacil (bajo condición lumínica) y 2,4-D fueron los más eficaces. La eficacia de saflufenacil y fomesafén disminuyó en condiciones de oscuridad posterior a la aplicación. Las poblaciones evaluadas mostraron baja sensibilidad a clorimurón. Se observó una respuesta diferencial frente a los herbicidas auxínicos, siendo 2,4-D más eficaz que dicamba. La relación semillas por gramo de biomasa húmeda a madurez fue $y = 592,8x$ y $y = 372,3x$ en los dos experimentos, respectivamente.

Palabras clave: yuyo colorado, herbicidas post emergentes

SUMMARY

In recent years, control failures of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus* L.) have been observed with herbicides belonging to different modes of action. In this context, two experiments were conducted at the Experimental Field of the School of Agronomy (UBA), using *A. hybridus* populations from southern Santa Fe, with the objective of evaluating their response to different herbicide treatments. Each experiment followed a factorial design including two populations and eight herbicide treatments, with four replications. In the first experiment, saflufenacil, fomesafen, fomesafen + metolachlor, chlorimuron and paraquat were applied. For saflufenacil and paraquat, four experimental units were kept in light and other four in darkness during the 18 hours after treatment. In the second experiment, 2,4-D, dicamba, chlorimuron glyphosate and fomesafen were applied; in this case, half of the plants treated with fomesafen and glyphosate were kept in light and the other half in darkness after application. At 7, 15, 25 and 45 days after application of the herbicides, survival was evaluated. At maturity, the fresh weight and seed production of the individuals of each experimental unit were recorded, and then the biomass/seed production ratio was calculated for each treatment. The treatments with paraquat, glyphosate, fomesafen + metolachlor, saflufenacil (under light condition) and 2,4-D were the most effective. The efficacy of saflufenacil and fomesafen decreased in darkness after application. The evaluated populations showed low sensitivity to chlorimuron. A differential response was observed to auxinic herbicides, 2,4-D being more effective than dicamba. The seed production per gram of fresh biomass at maturity was $y = 592,8x$ and $y = 372,3x$ in the two experiments, respectively.

mesafen, fomesafen + metolachlor, chlorimuron, and paraquat were applied. For saflufenacil and paraquat, four experimental units were kept under light and four under darkness during the 18 hours following treatment. In the second experiment, 2,4-D, dicamba, chlorimuron glufosinate-ammonium, and fomesafen were applied; in this case, half of the plants treated with fomesafen and glufosinate-ammonium were kept under light and the other half in darkness after application. Survival was assessed at 7, 15, 25, and 45 days after herbicide application. At maturity, fresh weight and seed production of individuals in each experimental unit were recorded, and the biomass/seed production ratio was subsequently calculated for each treatment. Treatments with paraquat, glufosinate-ammonium, fomesafen + metolachlor, saflufenacil (under light conditions), and 2,4-D were the most effective. The efficacy of saflufenacil and fomesafen decreased under post-application darkness. The populations evaluated showed low sensitivity to chlorimuron. A differential response to auxinic herbicides was observed, with 2,4-D being more effective than dicamba. The seed-to-fresh-biomass ratios at maturity were $y = 592.8x$ and $y = 372.3x$ in the two experiments, respectively.

Keywords: pigweed, post-emergence herbicides

INTRODUCCIÓN

El yuyo colorado, *Amaranthus hybridus* L. es una maleza anual, de ciclo primavero-estival, ampliamente distribuida en la República Argentina y muy frecuente en cultivos de producción de granos tales como soja, maíz y girasol. Posee atributos biológicos que lo convierten en una maleza muy agresiva tales como alta tasa de crecimiento (debido a su metabolismo C4, puede llegar a crecer 2-6 cm de altura por día), elevada producción de semillas y alta habilidad competitiva, entre otras (Black, 1973; Leguizamón *et al.*, 2006; Faccini *et al.*, 2018, citado en Díez de Ulzurrun *et al.* 2023).

Leguizamón *et al.* (1994) registraron disminución de 13% en el rendimiento de cultivos de soja con presencia de una planta de yuyo colorado por m². En condiciones de producción de la zona núcleo argentina, Vitta *et al.* (2000) registraron pérdidas del 20% en el rendimiento de soja, con una cobertura del 20% de yuyo colorado. Asimismo, la reducción de rendimiento en cultivos de soja del sudeste de Buenos Aires (Balcarce) fue de 17, 40 y 98 % para tres densidades de yuyo colorado, baja (2-3 plantas m⁻²), intermedia (4-17 plantas m⁻²) y alta (36-47 plantas m⁻²) (Mastronardi *et al.* 2021).

Cousens (1985) modeló los efectos de competencia interespecífica entre diferentes especies maleza y cultivos de soja, estableciendo la representación matemática $PR (\%) = ((I \times d) / 1 + (I \times d/A))$, siendo **PR** (%) el porcentaje de pérdida de rendimiento del cultivo, **I** la máxima pérdida relativa por unidad de la maleza, a densidades muy bajas de la misma y **A** la máxima pérdida de rendimiento a densidades muy altas de la maleza. En el caso de *A. hybridus*, los parámetros **I** y **A** resultaron del orden de 25% y 80%, respectivamente.

El incremento en la abundancia de yuyo colorado en las diferentes zonas de producción representa un grave problema para los agricultores debido a los casos de resistencia a diferentes herbicidas registrados en esta especie. En tal sentido, la AAPRESID-REM (2025), estimó una significativa expansión de la abundancia de yuyo colorado resistente a glifosato, extendiéndose particularmente desde la zona núcleo hacia el sur de Buenos Aires y el norte del país entre 2019 y 2023. En la Argentina, *A. hybridus* fue la primera especie donde se produjo la selección de un biotipo resistente a herbicidas inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS) tales como clorimuron-etil e imazetapir (Tuesca & Nisensohn, 2001). Actualmente, se registran seis biotipos de *A. hybridus* resistentes a herbicidas, incluyendo resistencia a glifosato, inhibidores de ALS, herbicidas auxínicos, inhibidores de PPO y resistencia múltiple a glifosato + inhibidores de ALS y glifosato + herbicidas auxínicos (Dellafrera *et al.*, 2018; Tuesca *et al.*, 2019, REM AAPRESID 2025). Asimismo, considerando los diferentes casos en el mundo, se registraron un total de 38 biotipos resistentes, predominando los casos de resistencia a herbicidas inhibidores de fotosistema II e inhibidores de ALS. Adicionalmente, se registra resistencia a inhibidores de EPSPS (glifosato), PPO y a herbicidas auxínicos (Heap 2025)

En los últimos años, se han observado en diferentes lotes de producción de la zona núcleo productiva, varios casos de fallas en el control de yuyo colorado con diferentes herbicidas de distinto modo de acción. Scursoni *et al.* (2022) registraron predominancia de poblaciones con alta supervivencia a aplicaciones de glifosato, topramezone y fomesafén, en contraste con lo observado con herbicidas auxínicos (2,4-D y dicamba).

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue: (i) cuantificar la respuesta en supervivencia, biomasa y producción de semillas de cuatro poblaciones de *A. hybridus* del sur de Santa Fe, a herbicidas inhibidores de fotosistema I (paraquat), de glutamino sintetasa (glufosinato de amonio), de PPO (saflufenacil y fomesafén), de ALS (clorimurón) y auxínicos (2,4-D y dicamba). Adicionalmente, se estudió el efecto de las condiciones post aplicación (luz/ oscuridad) en aquellos herbicidas que generan fitotoxicidad asociada a reacciones oxidativas en presencia de luz (paraquat, glufosinato de amonio, saflufenacil y fomesafén).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en el campo experimental de la cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía, cada uno con dos poblaciones de *A. hybridus* provenientes de diferentes localidades de la provincia de Santa Fe (Cañada Rosquín, Totoras, Las Parejas y San Jorge). En cada experimento, se diseñó una factorial de dos factores, población (2 niveles) y tratamiento herbicida (8 niveles), con cuatro repeticiones de cada tratamiento (población x tratamiento herbicida). Cada unidad experimental contó con cinco plantas. Para la obtención de estas, se realizó siembra al voleo en bandejas de pregerminación y luego de la emergencia fueron trasplantadas a macetas de 15 l. A los quince días del trasplante (27 días desde la siembra), se aplicaron los tratamientos herbicidas, con la maleza entre 5 y 6 hojas verdaderas (Figura 1). La aplicación se realizó con mochila de presión constante accionada a CO₂, arrojando un volumen de caldo de 144 l ha⁻¹ y con agregado de coadyuvantes de acuerdo con lo indicado en los marbetes de los diferentes productos fitosanitarios.



Figura 1. Estado de las plantas de yuyo colorado al momento de aplicación de los tratamientos herbicidas.

Las poblaciones de Cañada Rosquín y Totoras (1 y 2) se trataron con herbicidas inhibidores de ALS (clorimurón), de fotosistema I (paraquat) y de PPO, saflufenacil y fomesafén (solo y en mezcla con metolaclo). Las poblaciones de San Jorge y Las Parejas (3 y 4) se trataron con inhibidores de PPO (saflufenacil y fomesafén), ALS (clorimurón), glutamino sintetasa (glufosinato de amonio) y auxínicos (2,4-D y dicamba). Los inhibidores de PPO, de fotosistema I y de la glutamino sintetasa, se mantuvieron en dos condiciones post aplicación: (i) luz natural y (ii) oscuridad (18 hs) (Cuadros 1 y 2). En ambos experimentos se incluyó un tratamiento sin aplicación de herbicidas.

En cada una de las unidades experimentales, a los 7, 15 y 45 días después de aplicados los herbicidas, se realizó la evaluación de supervivencia mediante el conteo de los individuos sobrevivientes (número de plantas vivas) en las macetas, entendiéndose como individuo sobreviviente a aquella planta que presentaba tejido verde, mientras que aquellas que presentaban la totalidad de la biomasa seca, se consideraron muertas

Cuadro 1. Tratamientos herbicidas aplicados en las poblaciones de Cañada Rosquín y Totoras.

Ingrediente activo (% formulado*)	Modo de acción inhibidor de	Dosis (g-cm⁻³ i.a. ha⁻¹)	Condición post aplicación
Fomesafén (25%) (Flex)*	PPO	375	Luz natural
Fomesafén (11,95%) + Metolaclo (51,8%) (Eddus)	PPO + VLFA**	239+1026	Luz natural
Saflufenacil (70%) (Heat)	PPO	24,5	Luz natural
Saflufenacil (70%)	PPO	24,5	Oscuridad
Clorimurón etil (25%) (Classic)	ALS	12,5	Luz natural
Paraquat (27,6%) (Paraquat Insuagro)	Fotosistema I	552	Luz natural
Paraquat (27,6%)	Fotosistema I	552	Oscuridad

*Nombres comerciales **Ácidos grasos de cadena muy larga

Cuadro 2. Tratamientos herbicidas aplicados en las poblaciones Las Parejas y San Jorge.

Ingrediente activo formulado	Modo de acción	Dosis (g-cm³ i.a. ha⁻¹)	Condición post aplicación
Glufosinato de amonio (20 %) (Liberty)	Inhibidor de glutamino sintetasa (GS)	400	Luz natural
Glufosinato de amonio (20 %)	Inhibidor de GS	400	Oscuridad
Dicamba (48 %) (Banvel)	Regulador de crecimiento	96	Luz natural
24D (97 %) (Herbifén)	Regulador de crecimiento	727,5	Luz natural
Fomesafén (25 %) (Flex)	Inhibidor de PPO	375	Luz natural
Fomesafén (25 %)	Inhibidor de PPO	375	Oscuridad
Clorimurón (50 %) (Classic)	Inhibidor de ALS	12,5	Luz natural

En estado de madurez, se registró el peso húmedo de los individuos y la producción de semillas de cada unidad experimental. Posteriormente, se estableció la relación biomasa / producción de semillas para cada tratamiento. El número de semillas se definió mediante la relación entre el peso total de semillas y el peso de 100 semillas.

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa INFOSTAT. Cuando se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$), las medias de los tratamientos se compararon empleando la prueba de Fisher de separación de medias, con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Poblaciones (Cañada Rosquín y Totoras)

Supervivencia

En el análisis de supervivencia a los 7 días de la aplicación, solo se registraron efectos significativos del tratamiento herbicida ($P < 0,05$). La supervivencia fue inferior cuando se aplicó paraquat independientemente del tratamiento post-aplicación, fomesafén más metolacloro y saflufenacil (post tratamiento lumínico). Con la aplicación de saflufenacil seguida de 18 horas de oscuridad, y clorimurón, se registraron los mayores valores de supervivencia (Figura 2). Los resultados obtenidos con saflufenacil se explican por la incidencia de la luz en la aplicación de herbicidas inhibidores de PPO, necesaria para la activación de las reacciones oxidativas generadas por estos herbicidas (Hess, 2000). En tal sentido, Montgomery *et al.* (2017) registraron mayor control de *Conyza canadensis* resistente a glifosato con aplicación de saflufenacil y otros productos, cuando se aplicaron en horas de medio día, con mayor nivel de radiación incidente. En el caso de los inhibidores de ALS tales como clorimurón, es posible que se trate de una población resistente a este grupo de herbicidas, las cuales abundan en la región de sur de Santa Fe (AAPRESID-REM, 2025) (Figura 3).

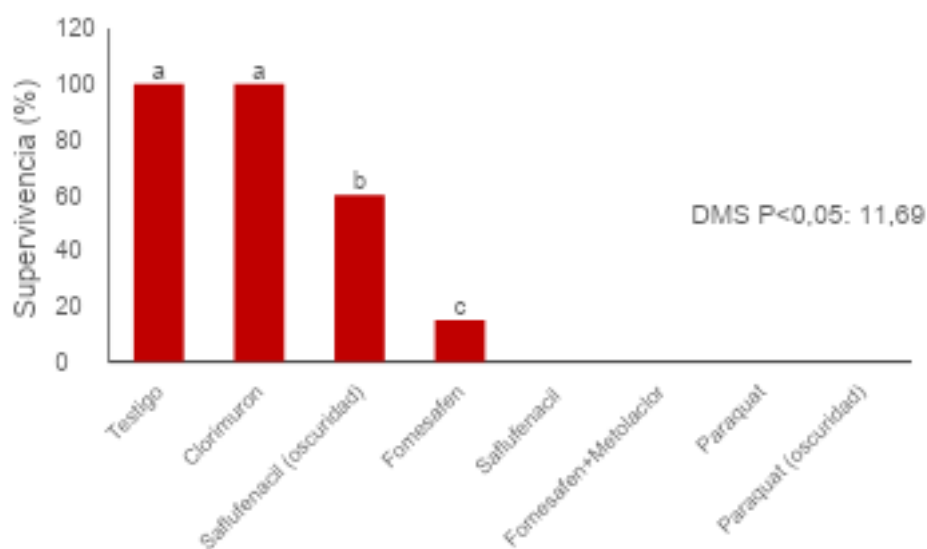


Figura 2. Supervivencia promedio (%) de *Amaranthus hybridus* a los 7 días post- aplicación de herbicidas en las poblaciones estudiadas (Cañada Rosquín y Totoras). Letras distintas corresponden a medias estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).

Las observaciones realizadas a los 15, 25 y 45 días post aplicación, arrojaron similares tendencias a las observadas a los 7 días de aplicados (Figura 4).



Testigo Clorimurón Fomesafén Fomesafén
+ metolaclo

Figura 3. Cobertura de *Amaranthus hybridus* en el Experimento 1, población Totoras a los 15 días después de la aplicación.

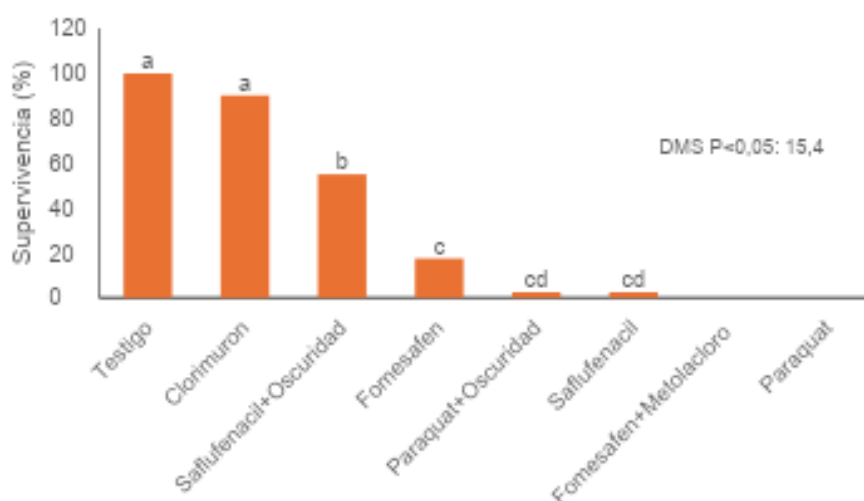


Figura 4. Supervivencia promedio (%) de *Amaranthus hybridus* a los 45 días post- aplicación de herbicidas en las poblaciones estudiadas (Cañada Rosquín y Totoras). Letras distintas corresponden a medias estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).

Biomasa

Del mismo modo que para la evaluación de supervivencia, solo se registraron diferencias significativas entre tratamientos herbicidas ($P < 0.05$). La reducción en la producción de biomasa se correlacionó con los registros obtenidos en la evaluación de supervivencia. Los tratamientos con menor efecto en la biomasa de los individuos fueron clorimurón y saflufenacil seguido de oscuridad. No obstante, en ambos tratamientos la biomasa producida fue menor que en el tratamiento sin aplicación de herbicidas (Figura 5). Esto demuestra que, si bien el tratamiento

herbicida no afectó la supervivencia, si afectó la adaptabilidad de los individuos, considerada como el efecto conjunto en supervivencia y fecundidad (Vila Aiub *et al.* 2015). Similares resultados registraron Scursoni (datos no publicados) con individuos de sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*), tratados con herbicidas graminicidas y glifosato, siendo el efecto del glifosato menor que el de los inhibidores de ACCasa.

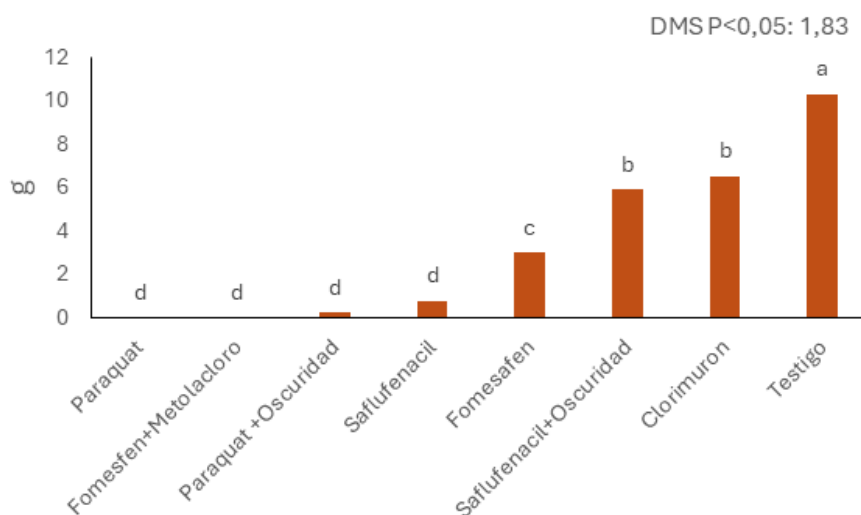


Figura 5. Biomasa (g) promedio de individuos de *Amaranthus hybridus* a cosecha a cosecha en función del tratamiento herbicida aplicado en el promedio de las poblaciones estudiadas (Cañada Rosquín y Totoras). Letras distintas corresponden a medias estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).

Producción de semillas

El análisis de regresión entre la producción de semillas y la biomasa a madurez permitió establecer la relación $Y = 592,8 x$; ($R^2 : 0,89$) (Figura 6). Asimismo, la producción de semillas respecto al tratamiento testigo fue afectada por todos los tratamientos, excepto clorimurón y saflufenacil seguido de un periodo de oscuridad.

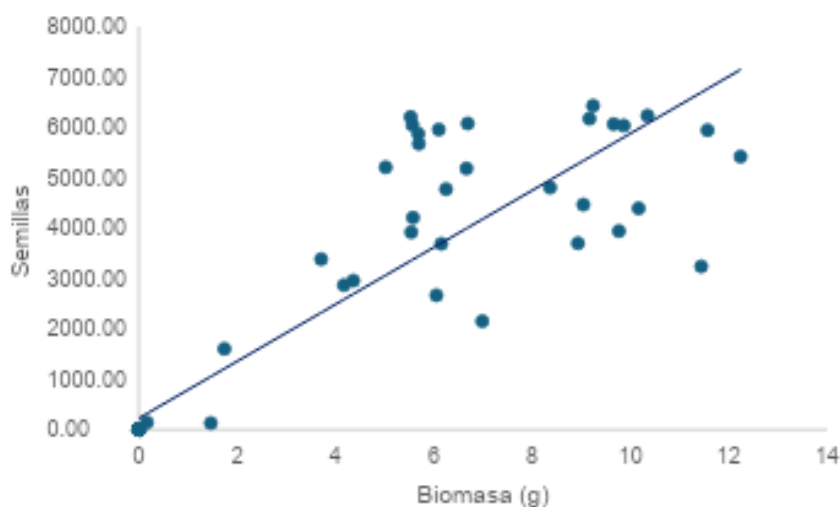


Figura 6. Cantidad de semillas en función de la biomasa (g) a madurez en el total de las unidades experimentales con las poblaciones Cañada Rosquín y Totoras.

Experimento 2. Poblaciones (Las Parejas y San Jorge)

Supervivencia

La supervivencia registrada a los 7 días desde la aplicación de los herbicidas mostró efectos significativos ($P < 0,05$) tanto del herbicida como de la población. Los tratamientos con mayores registros de supervivencia correspondieron a ambos herbicidas hormonales, clorimurón y fomesafén (seguido de oscuridad). Contrariamente, los tratamientos con glufosinato de amonio arrojaron menores valores de supervivencia. Interesantemente, tal como sucedió con saflufenacil en el experimento previo, se registró diferencia en la supervivencia de fomesafén según las diferentes condiciones post aplicación (Figura 7). Diferenciando de lo demostrado en el experimento 1, se registró efecto significativo ($P < 0,05$) del factor población ($P < 0,05$), mostrando la población de Las Parejas mayor supervivencia (64 %) en el promedio de los tratamientos, que la población de San Jorge (56 %).

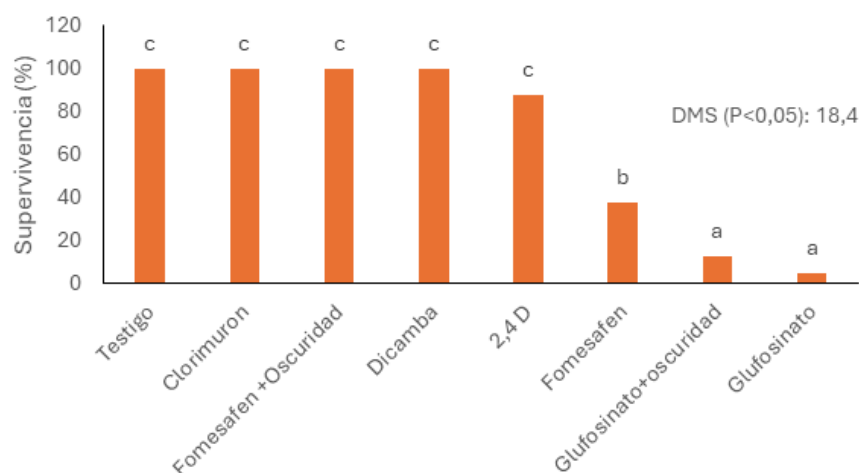


Figura 7. Supervivencia (%) de *Amaranthus hybridus* a los 7 días post- aplicación de herbicidas en el promedio de las poblaciones estudiadas (Las Parejas y San Jorge). Letras distintas corresponden a medias estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).

A diferencia de las otras evaluaciones de supervivencia, a los 25 días después de la aplicación de los herbicidas, se registró interacción significativa ($P < 0,05$) entre población y tratamiento herbicida. Los tratamientos con dicamba, 2,4-D y fomesafén, difirieron entre poblaciones, siendo menos sensible la población de Las Parejas que la población San Jorge. Este resultado abre la posibilidad de presencia de una población resistente a dichos herbicidas (Cuadro 3). Scursoni *et al.* (2022), en un relevamiento con 50 poblaciones de yuyo colorado en la zona núcleo sojera, registraron que más del 40 % de las poblaciones presentaron valores de supervivencia mayor a 60 % con aplicaciones de fomesafén. Contrariamente, 2 % de las poblaciones mostraron alta supervivencia a aplicaciones de 2,4-D. Interesantemente, tal como sucedió con saflufenacil en el primer experimento, la aplicación de fomesafén seguida de un periodo de oscuridad redujo la eficacia del tratamiento en términos de supervivencia (Cuadro 3, Figura 8).

Paraquat, glufosinato de amonio, fomesafén + metolaclo, saflufenacil (con luz) y 2,4-D fueron eficaces para controlar yuyo colorado.

Cuadro 3. Supervivencia (%) registrada 25 dda (días de aplicación) para cada tratamiento herbicida en las poblaciones Las Parejas y San Jorge. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

Tratamiento	Población	%Supervivencia
Glufosinato+oscuridad	Las Parejas	0 a
Glufosinato	San Jorge	0 a
2,4-D	San Jorge	0 a
Glufosinato	Las Parejas	10 a
Fomesafén	San Jorge	15 ab
Glufosinato+oscuridad	San Jorge	20 ab
2,4-D	Las Parejas	35 bc
Fomesafén	Las Parejas	45 c
Dicamba	San Jorge	70 d
Clorimurón	San Jorge	95 e
Dicamba	Las Parejas	95 e
Fomesafén +oscuridad	San Jorge	95 e
Testigo		100 e
Testigo		100 e
Fomesafén +oscuridad	Las Parejas	100 e
Clorimurón	Las Parejas	100 e

DMS $P < 0,05$: 22,6



Figura 8. Tratamientos con fomesafén nocturno, fomesafén diurno y glufosinato de amonio diurno y nocturno, respectivamente en la población San Jorge 25 dda

A los 45 días de la aplicación, se registró efecto significativo de la población y del tratamiento herbicida ($P < 0,05$). En el promedio de los tratamientos herbicidas la supervivencia fue mayor en la población de Las Parejas que la de San Jorge. Asimismo, en el promedio de las poblaciones, los tratamientos con menor registro de supervivencia fueron los de glufosinato (en ambas condiciones post-aplicación) y 2,4-D (Figura 9).

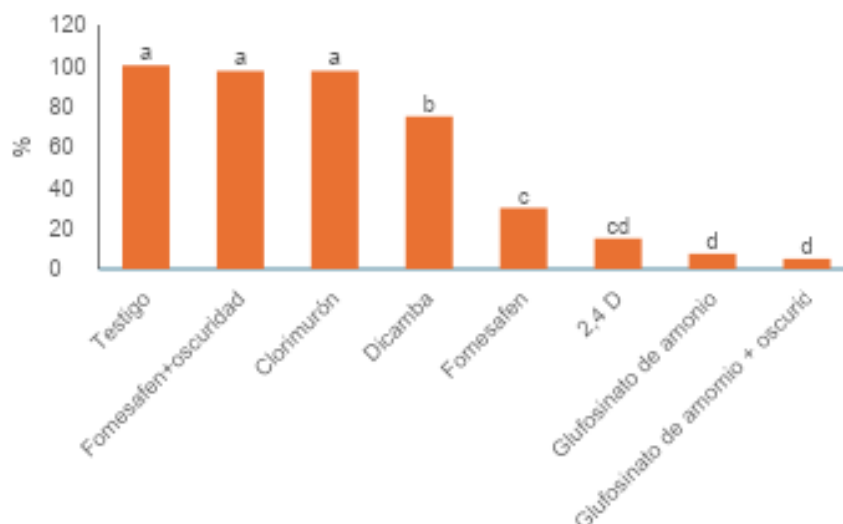


Figura 9. Supervivencia (%) de *Amaranthus hybridus* a los 45 días post- aplicación de herbicidas en el promedio de las poblaciones estudiadas (Las Parejas y San Jorge). Letras distintas corresponden a medias estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).

Biomasa y producción de semillas

El análisis de la biomasa a madurez arrojó interacción significativa entre población y herbicida ($P < 0,05$). La biomasa producida cuando se aplicó clorimurón, fomesafén y 2,4-D fue superior en la población de Las Parejas comparada con la población de San Jorge ($p < 0,05$) (datos no presentados). El análisis de regresión entre la producción de semillas y biomasa a madurez permitió establecer la relación $Y = 372,3 R^2: 0,92$, menor que la relación obtenida en el análisis de las poblaciones Totoras y Cañada Rosquín (Figura 10). Se observó que, en los tratamientos con glufosinato de amonio y 2,4-D se produjo la menor cantidad de semillas. Interesantemente, se registraron diferencias entre los tratamientos de fomesafén según la condición post aplicación.

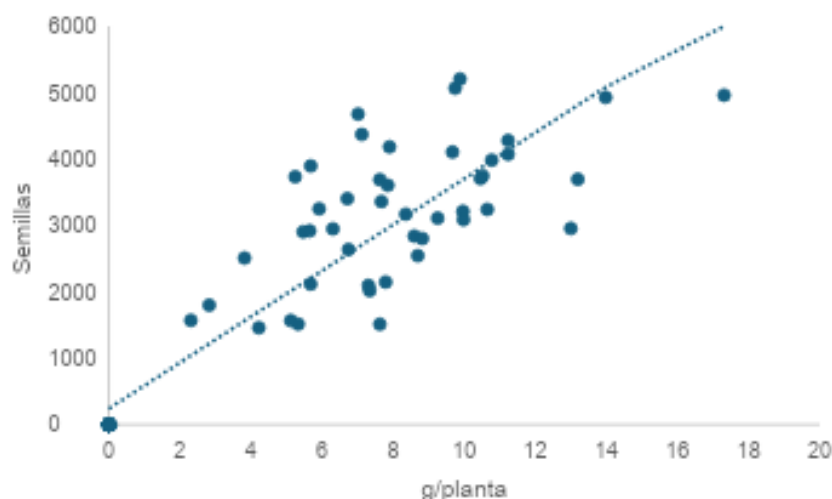


Figura 10. Cantidad de semillas en función de la biomasa (g) a madurez en el total de las unidades experimentales con las Poblaciones Las Parejas y San Jorge.

CONCLUSIONES

Los herbicidas paraquat, glufosinato de amonio, 2,4-D, fomesafén con metolacloro y saflufenacil en condiciones lumínicas post aplicación, mostraron los mayores niveles de control en términos de reducción de supervivencia.

La condición de oscuridad post aplicación, incidió negativamente en los niveles de control de saflufenacil y fomesafén.

Las poblaciones evaluadas presentaron posible resistencia a clorimurón y a dicamba.

Se registró diferente respuesta en las distintas poblaciones a la aplicación de herbicidas auxínicos, siendo 2,4-D más eficaz que dicamba.



Equipo de investigación

BIBLIOGRAFÍA

AAPRESID-REM. 2025. Malezas. Rosario, Santa Fe. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/rem/malezas>

COUSENS R (1985) A simple model relating yield loss to weed density. *Ann. Appl. Biol.* **107**, 239-252.

DELLAFERRERA I, CORTÉS E, PANIGO E, DE PRADO R, CHRISTOFFOLETI P & PERRETA M (2018) First report of *Amaranthus hybridus* with multiple resistance to 2,4-d, dicamba, and glyphosate. *Agronomy*, **8**(8), 140. <https://doi.org/10.3390/agronomy8080140>

DIEZ DE ULZURRUN P, PANAGGIO H, DE ESTEBAN M & V. GIANELLI V (2023) Sensibilidad de poblaciones de *Amaranthus hybridus* L. del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) a diferentes herbicidas. *Malezas*, **9**, 26-39.

HEAP I (2025) The international herbicide-resistant weed database.. Disponible en: weedsdatabase.org

HESS FD (2000) Light-dependent herbicides: an overview. *Weed Science*, **48**, 160-170.

LEGUIZAMON ES *et al.* (1994) Funciones de daño y cálculo de pérdidas por malezas en el cultivo de soja. *INTA Informe Técnico, Pergamino*, **296**, 1-19.

MASTRONARDI A, GIANELLI V, DIEZ DE ULZURRUN P (2021) Competencia de *Amaranthus hybridus* L. en cultivos de soja del sudeste bonaerense. *Malezas* **5**, 60-72

MONTGOMERY GB, TREADWAY JA, REEVES JL & STECKEL L (2017) Effect of time of day of application of 2,4-D, dicamba, glufosinate, paraquat, and saflufenacil on horseweed (*Conyza canadensis*) control. *Weed Technology*, **31**, 550-556.

SCURSONI JA (2022) Response of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) accessions from Argentina to herbicides from multiple sites of action. *Weed Technol.* **36**, 384-389. doi: 10.1017/wet.2022

TUESCA D & NISENSOHN L (2001) Resistencia de *Amaranthus quitensis* H.B.K. a imazetapir y clorimuron-etil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, **36**, 4, 601-606.

- PEROTTI V *et al.* (2019) A novel triple amino acid substitution in the EPSPS found in a high-level glyphosate-resistant *Amaranthus hybridus* population from Argentina. *Pest Manag. Sci.*, **75**, 1242–1251. DOI 10.1002/ps.5303
- VILA-AIUB M, GUNDEL PE & CHRISTOPHER P (2015) Experimental methods for estimation of plant fitness costs associated with herbicide-resistance genes. *Weed Science* **63**, 203–216
- VITTA JL, FACCINI DE, NISENSOHN LA (2000) Control of *Amaranthus quitensis* in soybean crops in Argentina: an alternative to reduce herbicide use. *Crop. Prot.* **19**, 511–513