

## EFFECTO DEL GLIFOSATO SOLO O EN MEZCLA SOBRE PLANTAS SOBREVIVIENTES DE *CONYZA SUMATRENSIS* (RETZ.) E. WALKER

Valeria Gianelli,<sup>1, 2\*</sup> Francisco Bedmar<sup>2</sup> y Mario Sabbatini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina

<sup>3</sup> Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina

\*E-mail: gianelli.valeria@inta.gob.ar

Recibido: 26/03/2024  
Aceptado: 07/06/2024

### RESUMEN

En la Argentina, *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker es una de las malezas más problemáticas principalmente en cultivos de verano. Si bien existen estudios sobre su dinámica poblacional y control, se desconoce el efecto que ejercen los herbicidas en el crecimiento y fecundidad de las plantas que sobreviven a la aplicación. Este trabajo buscó determinar el control y el efecto en el crecimiento y la fecundidad (producción de semillas m<sup>-2</sup>) de plantas de *C. sumatrensis* sobrevivientes a la aplicación de glifosato solo y en mezcla con los herbicidas atrazina, clopiralid, clorimuron, diclosulam, flumioxazin e imazetapir. Se realizó un ensayo a campo en la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), provincia de Buenos Aires, Argentina. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Glifosato + diclosulam fue el tratamiento que demostró mayor efectividad y residualidad de control. La fecundidad de las plantas sobrevivientes a las mezclas glifosato + diclosulam y glifosato + clorimuron disminuyó entre 51% y 33%, respectivamente, con relación al testigo. No obstante, los resultados indican que si el control no se optimiza en los estadios más vulnerables de la maleza (*i.e.* estado de plántula), las plantas sobrevivientes presentan una importante capacidad de producir semillas.

**Palabras clave:** control, emergencia, fecundidad, residualidad, rama negra.

## EFFECT OF GLYPHOSATE ALONE OR IN MIXTURE ON SURVIVING *CONYZA SUMATRENSIS* (RETZ.) E. WALKER PLANTS

### ABSTRACT

In Argentina, *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker is one of the most troublesome weeds in summer crops. Although there are studies about the population dynamics and chemical control, the effect of the herbicides used for its management on growth and fecundity of surviving plants has not been evaluated. The objective of this study was to determine the control and the effects on the growth and fecundity of surviving *C. sumatrensis* plants to glyphosate alone and in mixture with the herbicides atrazine, chlorimuron, clopyralid, diclosulam, flumioxazin, and imazethapyr, in the southeast of Buenos Aires province, Argentina. A field trial was carried out at Balcarce Agricultural Experimental Station, INTA, province of Buenos Aires, Argentina. A randomized complete block design with 8 treatments and 4 replications was used. The mixture glyphosate + diclosulam was the treatment that showed the greatest effectiveness and residual control. *C. sumatrensis* seed production, from surviving plants treated with the mixture of glyphosate + diclosulam and glyphosate + chlorimuron, showed a reduction of 51% and 33% respectively in comparison to non-treated control. These results indicates that if control in the weed most vulnerable stages (*i.e.* seedling status) is not optimal, surviving plants have significant potential to growth and produce seeds.

**Key words:** control, emergence, fecundity, residuality, sumatran fleabane.

## INTRODUCCIÓN

El género *Conyza* (sinónimo de *Erigeron*), perteneciente a la familia Asteráceas, tiene centro de origen en el continente americano y consta de aproximadamente 100 especies, consideradas malezas en más de 40 cultivos de 70 países a nivel mundial. *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *C. bonariensis* (L.) Cronquist y *C. sumatrensis* (Retz.) E. Walker son las especies de mayor importancia agronómica (Thébaud y Abbott, 1995). Entre ellas, *C. sumatrensis* es una de las malezas más problemáticas para la agricultura. Se encuentra establecida por todo el mundo (Facility, 2010) y en la Argentina se la conoce vulgarmente como rama negra. En la provincia de Buenos Aires se reportaron disminuciones del 80% del rendimiento del cultivo de soja con densidades de *C. sumatrensis* equivalentes a 40-60 plantas m<sup>-2</sup> y superiores al 90% con más de 60 plantas m<sup>-2</sup> (Bedmar et al., 2014).

Aunque existen diferentes estrategias para el manejo de *C. sumatrensis*, la aplicación de herbicidas es la herramienta más utilizada (Sherman y Haramoto, 2020). En este aspecto, el control químico de *Conyza* spp. es especialmente ineficiente cuando la maleza se encuentra en estadios avanzados de crecimiento (*i.e.* tallo elongado mayor a 15 cm) independientemente del herbicida utilizado (Steckel, 2005; Faccini et al., 2008; Metzler et al., 2011; Kaspary et al., 2021). En este sentido, el glifosato, el herbicida más utilizado para su control, presenta en general controles poco efectivos de *Conyza* spp. (Metzler et al., 2011; Lazzaretti Galante et al., 2014; Gianelli et al., 2015; Schneider et al., 2021), y las plantas en estado reproductivo poseen alta tolerancia a este herbicida (Van Gessel et al., 2001; Papa et al., 2010; Ustarroz et al., 2010; Sansom et al., 2013; Puricelli et al., 2015; Gianelli et al., 2018). En estadios de roseta avanzada, el uso de herbicidas residuales de diversos grupos químicos en mezcla con glifosato, además de proveer controles más eficientes, proporcionan un control prolongado en el tiempo que evita nuevos flujos de emergencia (Tuesca et al., 2009; Metzler et al., 2011; Barbieri et al., 2014; Kahl, 2017).

Diferentes herbicidas constituyen alternativas eficientes para el control de *Conyza* spp. durante los barbechos, entre ellos los que inhiben: (i) la enzima acetolactato sintetasa (ALS) como sulfonilureas (*e.g.* metsulfuron, clorimuron, clorsulfuron + metsulfuron), triazolpirimidinas (*e.g.* diclosulam) e imidazolinonas (*e.g.* imazetapir); (ii) el fotosistema II (*e.g.* atrazina); (iii) la protoporfirinogeno oxidasa (PPO) (*e.g.* flumioxazin) o la auxina sintética

(*e.g.* 2,4-D). Algunos trabajos mostraron la alta eficacia de estos herbicidas en el control de la maleza (Papa et al., 2010; Byker et al., 2013; Lazzaretti Galante et al., 2014; Braz et al., 2017; Albrecht et al., 2021; Cantu et al., 2021). No obstante, el control es más eficaz cuando las aplicaciones se realizan en estado de plántula o roseta (6-8 hojas) que en estadios de crecimiento más avanzados y próximos al reproductivo (Ustarroz et al., 2010; Montoya et al., 2011; Gianelli et al., 2015; Balassone et al., 2020).

El control de *C. sumatrensis* se complejiza si se considera la aparición de poblaciones resistentes a herbicidas. A nivel mundial se reportaron 20 casos de resistencia a herbicidas en esta especie, incluyendo casos de resistencia a seis mecanismos de acción diferentes: (i) inhibidores de la enzima enolpiruvil-shikimato-fosfatotetasa, (ii) inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa, (iii) inhibidores del fotosistema I, (iv) inhibidores del fotosistema II, (v) inhibidores de la enzima protoporfirinogeno oxidasa y (vi) herbicidas del grupo de las auxinas, con cinco casos comprobados de resistencia múltiple (Heap, 2024). Por ello, el manejo de *C. sumatrensis* requiere la adopción de enfoques de manejo alternativo al de corto plazo.

La mayoría de los estudios realizados se centraron en evaluar la eficacia de control, desestimando el efecto de los herbicidas en el crecimiento, desarrollo y fecundidad de las plantas que sobreviven a los tratamientos químicos. Asimismo, algunas de las plantas sobrevivientes a la aplicación de herbicidas pueden completar su ciclo de vida causando interferencia a los cultivos y consumo de recursos edáficos. Además, una pequeña cantidad de individuos no controlados de la población puede ser suficiente para producir un gran número de semillas, aumentando el banco de semillas del suelo y las densidades en los años siguientes (Xu et al., 2021). Por otra parte, un mayor número de individuos que sobreviven a aplicaciones previas de herbicidas tienen más probabilidad de ser resistentes. Por lo tanto, resulta relevante generar estrategias de manejo integrado que reduzcan la producción de semillas de *C. sumatrensis* con la consiguiente reducción del banco de semillas del suelo.

Si bien existen algunos estudios sobre la dinámica poblacional de *Conyza* spp. (Metzler et al., 2013; Montoya, 2013; Ustarroz y Cerutti, 2015; Gianelli et al., 2017), la influencia que ejercen los herbicidas en el crecimiento y fecundidad de esta especie no ha sido evaluada. De hecho, solo se determinó el efecto sobre el

crecimiento y la producción de semillas luego de la exposición a herbicidas en *C. canadensis* y *C. bonariensis* (Davis *et al.*, 2010; Kruger *et al.*, 2010; Piasecki *et al.*, 2019).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del glifosato, solo o en mezcla con diferentes herbicidas residuales, sobre: (i) la eficacia de control de las plantas de *C. sumatrensis* y (ii) el posterior crecimiento y fecundidad de las plantas sobrevivientes.

## METODOLOGÍA

Durante el ciclo 2015-2016 se realizó un experimento en la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce del INTA (37°45' S, 58°18' O; 130 m s.n.m.), provincia de Buenos Aires (Argentina). El ensayo se llevó a cabo en un lote con infestación natural de *C. sumatrensis*, proveniente de un cultivo de trigo (argiudol típico, textura franca, 5,2% de materia orgánica, pH: 5,8).

El lote presentaba una cobertura de 67% de *C. sumatrensis*, y las plantas no superaban los 3 cm de altura (rosetas entre 6 y 12 hojas). Para determinar la densidad inicial de plantas de *C. sumatrensis* en cada tratamiento, se realizaron tres observaciones al azar en cada parcela, utilizando un cuadrante de 0,1 m<sup>2</sup> en el cual se contabilizó el número de plantas y luego se llevó a 1 m<sup>2</sup>. Luego se calculó un promedio de los cuatro

bloques registrándose una densidad de 83 plantas m<sup>-2</sup> con un desvío estándar de 14,5.

Los ensayos se establecieron bajo un diseño en bloques completos aleatorizados. Las parcelas experimentales fueron de 15 m de longitud por 2,5 m de ancho. La aplicación de los herbicidas se realizó el 16 de setiembre de 2015, utilizando una mochila manual de presión constante (40 lb pulg<sup>-2</sup>) a base de CO<sub>2</sub>, provista de pastillas Teejet 11001, que arrojó un volumen de 128 l ha<sup>-1</sup>. Para aislar los tratamientos se utilizaron pantallas que evitaban la deriva entre los mismos.

Los tratamientos (ocho en total, con cuatro repeticiones) consistieron en la aplicación de glifosato solo y en mezcla con los herbicidas atrazina, clopiralid, clorimuron, diclosulam, flumioxazin e imazetapir, frecuentemente recomendados para el control de *C. sumatrensis* durante el barbecho (Cuadro 1). El testigo consistió en cuatro parcelas sin aplicación de herbicidas.

## Efectividad de control y residualidad de herbicidas

Se realizaron evaluaciones visuales en cada tratamiento y bloque a los 15, 30, 60, 90 y 150 días desde la aplicación (DDA) para analizar la efectividad de los herbicidas empleando una escala del sistema europeo que establece un rango de control de malezas de 0-100%, en la que 0% representa ausencia de control y 100%

**Cuadro 1.** Tratamientos herbicidas, dosis, grupos químicos y modo/mecanismos de acción aplicados en la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce del INTA, el 16 de setiembre de 2015 en plantas de *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker en estado de roseta (entre 6 y 12 hojas). Los tratamientos 2-7 fueron aplicados en mezcla con 3 l ha de glifosato (Roundup Full II; 66,2% sal potásica y 54% p/v de glifosato equivalente ácido). IA: ingrediente activo; SL: concentrado soluble; WG: granulado dispersable; WP: polvo mojable; SC: suspensión concentrada.

Herbicidas/tratamiento	Nombre comercial	Dosis (g o cc ha <sup>-1</sup> de IA)	Grupo químico	Acción
(1) Testigo	-	-	-	-
(2) Diclosulam + glifosato	Spider, 84% WG	25,2	Triazolpirimidinas	Inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS)
(3) Clopiralid + glifosato	Lontrel, 36% SL	72	Derivados del ácido piridin-carboxílico	Mimetización de auxinas
(4) Clorimuron + glifosato	Backup, 25% WP	25	Sulfonilureas	Inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS)
(5) Imazetapir + glifosato	Pivot, 10% SL	70	Imidazolinonas	Inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS)
(6) Flumioxazin + glifosato	Sumisoya, 48% SC	38,4	Fenilimidazoles	Inhibición de la enzima protoporfirinógeno oxidasa (PPO)
(7) Atrazina + glifosato	Atrazina 90, 90% WG	1500	Triazinas	Inhibición de la Fotosíntesis en el Fotosistema II
(8) Glifosato	Roundup Full II, 54% SC	1620	Glicinas	Inhibición de la enzima enolpiruvil shikimato fosfato sintetasa (EPSPS)

control total o muerte de la planta, en comparación con el testigo sin aplicar (Johannes y Schuh, 1971). Además, se evaluó la emergencia de nuevas plántulas a campo para evaluar el efecto residual de los herbicidas. Para ello, se establecieron dos microparcels de 1 m<sup>2</sup> en cada tratamiento en las cuales se registró mensualmente el flujo de emergencia de *C. sumatrensis* durante un año. En cada lectura, las plantas fueron removidas manualmente para identificar nuevos nacimientos. A partir de estos datos se construyeron curvas de emergencia con el objetivo de evaluar la distribución en cada tratamiento. La dinámica de emergencia de plántulas se expresó como porcentaje de emergencia mensual respecto al total de plántulas emergidas en el año.

### Efecto en el crecimiento y fecundidad

Cuando las plantas alcanzaron la madurez (150 DDA), se recolectaron aleatoriamente cinco plantas de cada parcela, evitando los bordes de las mismas y se determinó: (i) altura, número de ramificaciones primarias y número de capítulos planta<sup>-1</sup>, (ii) peso seco de la biomasa aérea, radicular y reproductiva (72 h en estufa a 70 °C), (iii) producción de semillas planta<sup>-1</sup> (fecundidad) y (iv) producción de semillas por unidad de área. La producción de semillas se estimó a partir de tres capítulos seleccionados al azar de cada planta, los cuales se colocaron en cajas de Petri y se dejaron secar a temperatura ambiente. Posteriormente se abrieron con pinzas y se contó el número de semillas por capítulo. La producción de semillas planta<sup>-1</sup> –ítem (iii)– se calculó mediante el producto entre el número de semillas capítulo<sup>-1</sup> y el número de capítulos planta<sup>-1</sup>. El número de semillas producidas m<sup>-2</sup> –ítem (iv)– se estimó mediante el producto del número de semillas planta<sup>-1</sup> y la densidad final de plantas (plantas m<sup>-2</sup>) en cada tratamiento, la cual se calculó por diferencia entre la densidad inicial y el número de plantas que sobrevivieron a la aplicación de los herbicidas a los 150 DDA según el porcentaje de control alcanzado.

### Análisis de la información

Los datos obtenidos se analizaron con el programa SAS (SAS University, Versión 3.6). A tal fin, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA,  $p=0,05$ ), utilizando un diseño en bloques completos aleatorizados con un solo factor fijo, el tratamiento herbicida, con ocho niveles y cuatro repeticiones. Los datos correspondientes a eficacia de control (%) fueron transformados utilizando el arcoseno de la raíz cuadrada de los valores originales,

mientras que para las variables número de ramificaciones, número de capítulos planta<sup>-1</sup>, número de semillas capítulo<sup>-1</sup>, número de semillas planta<sup>-1</sup> y número de semillas m<sup>-2</sup> se utilizó la transformación raíz cuadrada. Posteriormente para la presentación de los resultados se utilizaron los valores originales. La comparación entre promedios se realizó mediante el test de diferencias mínimas significativas (DMS,  $p=0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Condiciones de crecimiento de las plantas y producción de semillas

Las precipitaciones registradas durante el período floración-maduración de las semillas (*i.e.* enero-febrero), fueron de 77,6 mm en enero y de 137 mm en febrero de 2016, mientras que la temperatura media no superó los 25 °C durante todo el experimento (Estación Meteorológica, Estación Experimental Balcarce, INTA), por lo cual las condiciones ambientales resultaron favorables para una óptima producción de semillas (Fenner, 1991; Xu *et al.*, 2021). Cabe destacar que en las dos primeras semanas posteriores a la aplicación se registraron 22 mm de precipitaciones, lo cual permitió que los herbicidas residuales se incorporen y distribuyan en una capa de suelo a mayor profundidad.

### Eficacia de control

Luego de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 1), el control de *C. sumatrensis* se incrementó en función del tiempo, alcanzando su mejor performance a los 60 DDA. Posteriormente, con excepción de la mezcla glifosato + diclosulam, se produjo una drástica disminución de su efectividad hasta los 150 DDA (Figura 1).

En líneas generales, a los 15 DDA, si bien se observaron algunas diferencias, no se lograron controles aceptables de la maleza con ninguno de los tratamientos evaluados, presentando valores inferiores al 40% de control (Figura 1), asociado probablemente a una baja velocidad de acción de los mismos. Por su parte, a los 30 DDA, los tratamientos con mejor performance fueron las mezclas de glifosato con diclosulam, clopiralid, clorimuron o atrazina, los cuales superaron el 70% de control. A los 60 DDA, se alcanzaron los mayores porcentajes de control para todos los tratamientos (Figura 1). La mezcla de glifosato + diclosulam continuó destacándose significativamente por su elevado control (99%), seguido por los tratamientos que incluían glifosato + clopiralid o clorimuron, en los cuales el control osciló entre 94% y 95%. Los restantes tratamientos presentaron valores

que fluctuaron entre 78 y 84% de control. Posteriormente, a los 90 DDA, la mezcla glifosato + diclosulam continuó presentando elevado control (94%), mientras que los demás tratamientos disminuyeron su performance respecto de la evaluación anterior (60 DDA), indicando una pérdida en su efectividad, destacándose una recuperación y rebrote de la maleza. Los tratamientos con peor desempeño fueron glifosato solo y glifosato + atrazina, los cuales no superaron el 25% de control. Por último, a los 150 DDA, solo la mezcla glifosato + diclosulam fue significativamente superior al resto, aunque redujo su eficacia (70%) (Figura 1).

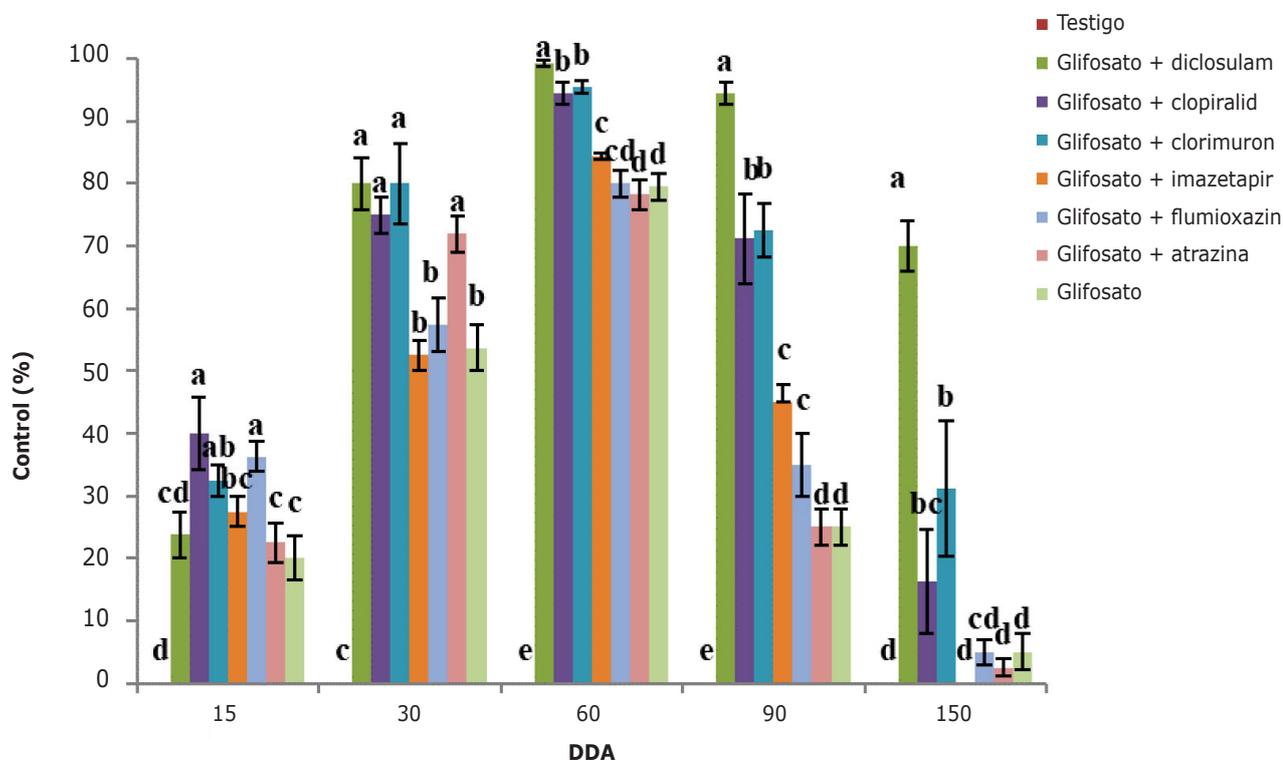
Estos resultados coinciden con diversas experiencias previas en las cuales se concluyó que la mezcla de glifosato con herbicidas de acción residual es una herramienta de control eficaz para el desarrollo de estrategias de manejo de *C. sumatrensis* (Tuesca *et al.*, 2009; Metzler *et al.*, 2011; Barbieri *et al.*, 2014; Lazzaretti Galante y Cornejo, 2014). Particularmente, la combinación de glifosato con herbicidas que inhiben la enzima ALS normalmente proveen los controles más eficientes y presentan mayores períodos de residualidad que otras combinaciones (Paula *et al.*, 2008; Ustarroz y Rainero,

2012; Metzler *et al.*, 2013; Gianelli *et al.*, 2015).

El control químico de *Conyza* spp. es especialmente ineficiente cuando la maleza se encuentra en estadios avanzados de crecimiento (Steckel, 2005; Faccini *et al.*, 2008; Metzler *et al.*, 2011), por lo cual en el presente estudio las aplicaciones de los herbicidas se realizaron cuando las plantas no superaban los 3 cm de altura. No obstante, a los 150 DDA, a excepción de la mezcla de glifosato + diclosulam que presentó 70% de control, todos los tratamientos disminuyeron su efectividad, no superando el 30% de control (Figura 1). Esta pérdida de efectividad se asoció a la capacidad de las plantas de sobreponerse a los tratamientos químicos y a las nuevas emergencias dadas por la falta de acción residual de glifosato ya que es fuertemente adsorbido por los coloides del suelo, y/o la menor residualidad de los otros tratamientos respecto a diclosulam (Figura 2).

### Flujos de emergencia

En todos los tratamientos, la emergencia se concentró en otoño (80%) y primavera (< 20%), con rangos que oscilaron entre 140 y 160 plántulas m<sup>-2</sup> en otoño y entre 10 y 40 plántulas m<sup>-2</sup> en primavera. Se observaron



**Figura 1.** Eficacia de control (%) de *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker sin (testigo) y con aplicación de los tratamientos químicos (glifosato solo o en mezcla) a los 15, 30, 60, 90 y 150 días desde la aplicación (DDA). La aplicación se realizó el 16 de septiembre de 2015 en la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce del INTA. Barras con diferentes letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) entre sí dentro de cada fecha de evaluación. Las columnas representan la media ( $n = 4$ ) y las barras, el error estándar.

diferencias significativas entre los tratamientos. A los 30 DDA (octubre de 2015), sin bien se registró un valor de emergencia relativamente bajo, se observaron diferencias significativas entre el número de plántulas en el testigo y los restantes tratamientos. La mayor cantidad de emergencias se observó en el testigo (9 plántulas m<sup>-2</sup>) seguido por los tratamientos glifosato + imazetapir y glifosato + flumioxazin. Los tratamientos glifosato + diclosulam, glifosato + clorimuron y glifosato + atrazina no presentaron emergencias. Posteriormente, hasta los meses de otoño, prácticamente no se observaron emergencias de *C. sumatrensis* en ninguno de los tratamientos, incluso en el testigo sin herbicidas, lo cual está asociado a la dinámica de emergencia de esta especie en la zona. En estudios previos sin aplicación de herbicidas, la dinámica de emergencia de *C. sumatrensis* se asoció en forma directa con el régimen de precipitaciones y en forma inversa con la temperatura del aire (Gianelli *et al.*, 2017). Por lo tanto, las condiciones climáticas explicarían los patrones estacionales de emergencia de las plántulas en el sudeste bonaerense, con picos principales en otoño y más limitados a principios de primavera. Por otra parte, si bien se considera que la dormición de las semillas de *Conyza* spp. es baja (Nandula *et al.*, 2006), en el segundo flujo de emergencia podrían encontrarse plántulas provenientes del banco de semillas, que por dormición no germinaron durante el mes de octubre del año anterior.

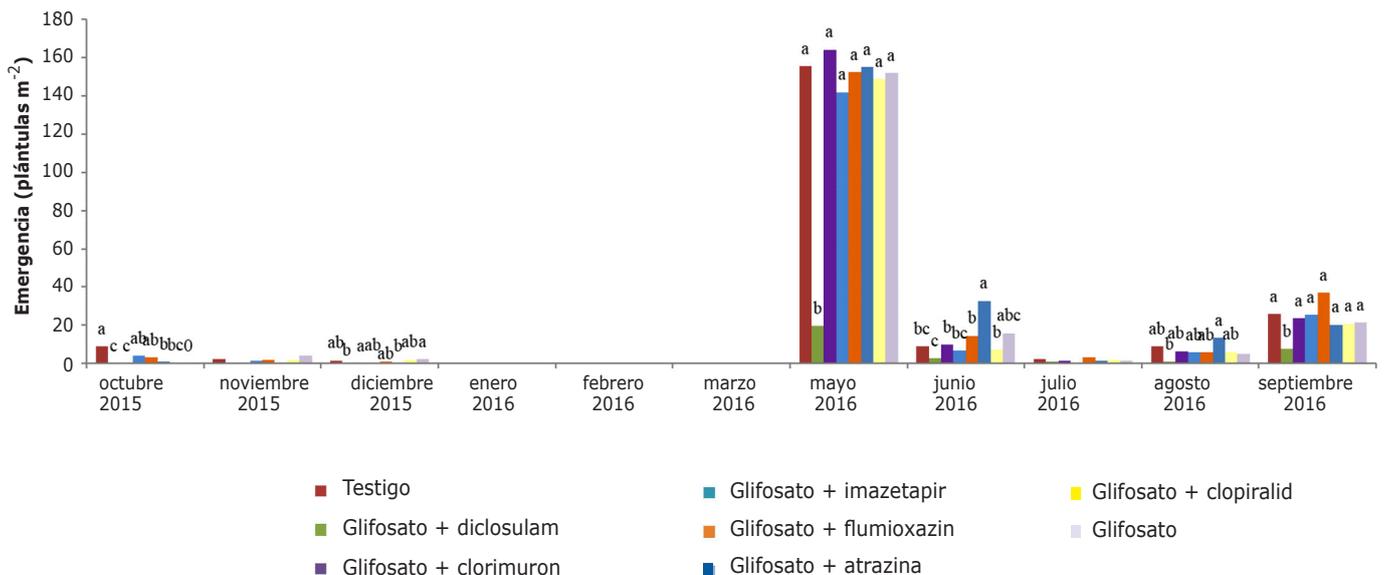
Durante los períodos en los cuales se concentró la emergencia (*i.e.* abril-mayo y agosto-septiembre) se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. En ambos momentos, la emergencia se redujo con la mezcla de glifosato + diclosulam mientras que entre los restantes tratamientos no se detectaron diferencias significativas.

Los herbicidas del grupo de las sulfonilureas, imidazolinonas y triazolpirimidinas poseen gran actividad residual. Por lo general, los mayores valores de vida media a campo varían entre 14-42 días en el caso de clorimuron, 14-80 días para diclosulam y 14-290 días para imazetapir (University of Hertfordshire, 2024). En el caso de flumioxazin se considera como no persistente en el suelo, con valores de vida media a campo de 18 días, mientras que para atrazina los valores de vida media rondan los 30 días (University of Hertfordshire, 2024).

En este sentido, los bajos valores de control asociados a la mayoría de los tratamientos en el período de floración (150 DDA) indicarían que tanto las plantas sobrevivientes a los tratamientos como las nuevas emergencias serían capaces de desarrollarse y producir semillas, por lo cual las poblaciones podrían incrementarse en los años siguientes.

### Crecimiento y fecundidad de plantas sobrevivientes

No se encontró efecto significativo de los tratamientos para las variables altura ( $p= 0,08$ ), peso seco aéreo



**Figura 2.** Emergencia de *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker (plántulas m<sup>-2</sup>) a campo durante un año luego de la aplicación de los tratamientos herbicidas el 16 de septiembre de 2015 en la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce del INTA. Para cada fecha, letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ). Las columnas representan la media ( $n=4$ ) y las barras, el error estándar.

( $p= 0,45$ ), peso seco radicular ( $p= 0,57$ ) y peso seco reproductivo ( $p= 0,31$ ). Respecto al número de ramificaciones se encontró efecto significativo de los tratamientos ( $p= 0,0003$ ), donde las mezclas glifosato + clopiralid y glifosato + atrazina presentaron cinco ramificaciones primarias (Cuadro 2) y la mayoría de los tratamientos superaron al testigo que solo presentó una ramificación primaria. En líneas generales, no hubo disminución de la altura, del peso seco ni del número de ramificaciones con respecto al testigo, como así tampoco se observaron diferencias entre las mezclas y el tratamiento glifosato solo.

A diferencia de la mayoría de los trabajos previos, en donde se evaluó el efecto de la aplicación de herbicidas sobre el crecimiento de las plantas tratadas en condiciones controladas (*i.e.* invernadero, cámara de crecimiento, etc.), en el presente estudio las determinaciones se realizaron a campo sobre plantas sobrevivientes al control y en condiciones de producir semillas. En esta línea, Davis *et al.* (2009) obtuvieron una reducción en la altura y el peso seco mayor al 80% y 90% en plantas de *C. canadensis* a las 12 semanas después de la aplicación de glifosato y cloransulam en condiciones controladas. No obstante, la información generada pondría de manifiesto que las plantas de *C. sumatrensis* que sobreviven

a los tratamientos químicos, tienen una alta capacidad de crecer y desarrollarse, dificultando la implementación de programas para el manejo de esta especie.

En lo referente a las variables reproductivas, no se detectó efecto significativo de los tratamientos respecto del número de capítulos planta<sup>-1</sup>, número de semillas capítulo<sup>-1</sup> y número de semillas planta<sup>-1</sup> (Cuadro 3). De acuerdo con los resultados, el número de semillas producidas m<sup>-2</sup> fue significativamente diferente entre los tratamientos, siendo aquellos que incluyeron solo glifosato y las mezclas de glifosato con imazetapir, flumioxazin y atrazina, los que presentaron mayor producción de semillas m<sup>-2</sup>. En estos tratamientos se registró mayor número de semillas por planta respecto del testigo. Este hecho podría asociarse probablemente a la mayor densidad final de plantas en el tratamiento control (Cuadro 3) lo cual podría haber incrementado la competencia intraespecífica, manifestándose en una producción menor, aunque no significativa, de semillas por planta. Por su parte, las mezclas de glifosato con atrazina y flumioxazin no difirieron significativamente de los tratamientos que incluían clopiralid y el testigo. Los tratamientos con menor producción de semillas resultaron glifosato + diclosulam y glifosato + clorimuron, en los

**Cuadro 2.** Valores de altura, peso seco aéreo, peso seco radicular y peso seco de capítulos por planta de *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker para los diferentes tratamientos ( $n= 4$ ) a los 150 DDA aplicados el 16 de septiembre de 2015 en la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce del INTA. Los números entre paréntesis corresponden al desvío estándar de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Altura (cm)	Número de ramificaciones primarias	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radicular (g)	Peso seco reproductivo (g)
Testigo	122,5 (8,1)	1 (1,2) b	42,8 (21,2)	4,8 (1,8)	0,0055 (0,0005)
Glifosato + diclosulam	111,6 (8,7)	3 (1,3) a	61,2 (22,3)	5,2 (1,8)	0,0052 (0,0009)
Glifosato+ clopiralid	106,7 (4,1)	5 (0,8) a	57,2 (16,3)	4,5 (0,8)	0,0055 (0,0007)
Glifosato + clorimuron	117,3 (8,4)	3 (1,6) ab	50,1 (24,0)	4,9 (2,1)	0,0052 (0,001)
Glifosato + imazetapir	118,4 (11,7)	2 (0,6) ab	48,8 (6,9)	4,4 (1,1)	0,0047 (0,001)
Glifosato + flumioxazin	112,4 (8,4)	3 (0,5) a	36,5 (4,8)	3,1 (0,3)	0,0052 (0,0005)
Glifosato + atrazina	109,0 (8,3)	5 (1,5) a	62,0 (41,8)	4,9 (2,9)	0,0050 (0,0004)
Glifosato	111,5 (7,1)	3 (0,9) a	45,8 (10,8)	3,7 (1,0)	0,0055 (0,0008)

\* Para la variable número de ramificaciones primarias, promedios seguidos de letras iguales no difieren significativamente ( $p>0,05$ ). Para el resto de las variables los promedios no fueron significativamente diferentes ( $p>0,05$ ).

cuales se estimó un valor de 8 y 12 millones de semillas  $m^{-2}$ , mostrando una disminución significativa respecto al testigo (ca. 51% vs 33%) (Cuadro 3). Si bien la producción individual de semillas no fue significativamente diferente entre los tratamientos con herbicidas (ca. promedio: 306937 semillas planta<sup>-1</sup>), la menor densidad de plantas por unidad de superficie alcanzada a los 150 DDA (Cuadro 3) en los tratamientos con mayor control (i.e. glifosato + diclosulam, glifosato + clorimuron) explicarían estos resultados.

Por otro lado, las plantas sobrevivientes a los tratamientos químicos produjeron igual o mayor cantidad de semillas planta<sup>-1</sup> que el testigo, superando las 200 mil semillas planta<sup>-1</sup> estimado para este último (Cuadro 3). Este hecho demuestra que las plantas de *C. sumatrensis* que sobreviven a la aplicación de herbicidas pueden ser problemáticas por varias causas. Además de producirse un incremento en la cantidad de propágulos que pueden ingresar al banco de semillas, las plantas no controladas rebrotan y continúan interfiriendo con el cultivo ocasionando pérdidas de rendimiento, siendo necesario realizar una nueva aplicación de herbicidas u otra alternativa de control (Faccini *et al.*, 2008; Metzler *et al.*, 2013).

Los herbicidas evaluados en este estudio actúan inhibiendo o estimulando diferentes vías o procesos cruciales para las plantas y los efectos sobre los procesos demográficos pueden diferir según el modo de acción considerado. Los herbicidas inhibidores de ALS, debido a su rápida translocación y acumulación en tejidos

meristemáticos, pueden presentar gran potencial para interferir el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos herbicidas inhiben la síntesis de los aminoácidos esenciales (i.e. valina, leucina e isoleucina). Dichos aminoácidos son importantes en la síntesis de proteínas específicas de las semillas, por lo cual sus efectos en este proceso pueden ocasionar una disminución en la producción de las semillas y plántulas de menor vigor (Andres y Flecks, 1994). En el caso de los herbicidas auxínicos se generan anomalías en el crecimiento y la reproducción favoreciendo la producción de las malformaciones en inflorescencias (i.e. múltiples o estériles) dependiendo del momento de aplicación (Anzalone, 2007). Los efectos de los herbicidas sobre el crecimiento y las estructuras reproductivas pueden verse incrementados a causa de la traslocación desde las hojas hasta los destinos metabólicos tales como órganos reproductivos donde son acumulados. Por el contrario, atrazina, cuando es aplicada al follaje, y flumioxazin, al ser de contacto o presentar escaso transporte vía simplasto, podrían no generar efectos negativos en las plantas.

Aunque no existe información para *C. sumatrensis*, otros autores observaron una disminución en la producción de semillas por planta de *C. canadensis* y *C. bonariensis* luego de la aplicación de herbicidas con similares modos de acción a los utilizados en este estudio. No obstante, dichos estudios a diferencia del presente trabajo, se realizaron en condiciones controladas, manteniendo una baja densidad de plantas, y un adecuado

**Cuadro 3.** Valores medios de número de capítulos planta<sup>-1</sup>, número de semillas capítulo<sup>-1</sup>, número de semillas planta<sup>-1</sup>, número de semillas  $m^{-2}$  y porcentaje de germinación de *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker en cada tratamiento aplicado el 16 de septiembre de 2015 en la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce del INTA. Los números entre paréntesis corresponden al desvío estándar de cuatro repeticiones.

Tratamientos	Capítulos planta <sup>-1</sup>	Semillas capítulo <sup>-1</sup>	Semillas planta <sup>-1</sup>	Densidad final (plantas $m^{-2}$ )	Semillas $m^{-2}$
Testigo	2144 (567)	93 (7)	201578 (51126)	93 (20,6) a	18746754 (1728 772) abc
Glifosato + diclosulam	3747 (848)	96 (3)	360049 (79363)	23 (9,2) c	8859643 (4497812) d
Glifosato + clopiralid	2843 (365)	92 (12)	259718 (58937)	66 (15,1) b	17678549 (7811337) bc
Glifosato + clorimuron	2692 (835)	96 (6)	257260 (87850)	47 (9,7) c	12045505 (4730097) cd
Glifosato + imazetapir	3411 (645)	88 (6)	301674 (44536)	90 (10,6) a	27020771 (3446798) ab
Glifosato + flumioxazin	3698 (568)	96 (5)	351338 (135569)	68 (16,1) b	27258957 (9965670) ab
Glifosato + atrazina	3739 (1673)	91 (10)	335762 (151769)	76 (20,5) ab	23983606 (10584881) ab
Glifosato	3745 (1239)	91 (4)	340898 (122834)	88 (24,7) a	27973045 (6831473) a

\* Para la variable semillas  $m^{-2}$  y germinación, promedios seguidos de letras iguales no difieren significativamente ( $p > 0,05$ ). Para el resto de las variables no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

espaciamiento entre hileras minimizando la competencia intraespecífica y/o con aplicaciones de herbicidas en estadios cercanos a floración. En este sentido, Davis *et al.* (2009), determinaron que las plantas sobrevivientes a la aplicación de los herbicidas glifosato y cloransulam produjeron, en promedio, menos de 100 semillas planta<sup>-1</sup>. Por su parte, Kruger *et al.* (2010) evaluaron la producción de semillas de cuatro poblaciones de *C. canadensis* después de la exposición a 2,4-D cuando las plantas presentaban entre 5 y 10 cm de altura. Dichos autores informaron que, si bien la producción de semilla fue reducida en más del 95%, tres de las cuatro poblaciones tenían plantas que sobrevivieron a los tratamientos y produjeron más de un millón de semillas por planta. Crespo *et al.* (2013) encontraron plantas de diferentes poblaciones de *C. canadensis* que sobrevivieron a la aplicación de dicamba y produjeron semillas en condiciones controladas. En el caso de glifosato, Piasecki *et al.* (2019) determinaron una reducción en la producción de semillas por planta de *C. bonariensis* de 68,4% y del 100% con aplicaciones de este herbicida en estadios vegetativos avanzados (ca. 1,1 m de altura) y reproductivos (ca. 1,4 m de altura).

Si bien se reportó como una alternativa efectiva la aplicación de herbicidas con mecanismos de acción similares a los del presente estudio, tales como glifosato, dicamba, 2,4-D y picloram en estadios de desarrollo avanzados de las malezas (floración) con el objetivo de reducir la producción y la viabilidad de semillas (Bennet y Shaw, 2000; Rinella *et al.*, 2010; Norsworthy *et al.*, 2012; Ganie *et al.*, 2017; Piasecki *et al.*, 2019), también fue ampliamente documentado que el control químico de *Conyza* spp. es deficiente cuando la maleza se encuentra en estadios avanzados de crecimiento independientemente del herbicida utilizado (Steckel, 2005; Faccini *et al.*, 2008; Metzler *et al.*, 2013; Gianelli *et al.*, 2015.; Kaspary *et al.*, 2021). En este sentido, los resultados de este trabajo indican que si el control en los estadios más vulnerables (plántula) de la maleza no es óptimo, las plantas sobrevivientes presentan gran potencial para crecer y producir semillas.

El número de semillas producidas por planta en el tratamiento testigo (ca. 201578) se incluye dentro del rango de producción de semillas informado en investigaciones previas para esta especie (ca. 60000 a 368000 semillas planta<sup>-1</sup>) (Metzler *et al.*, 2013; Gianelli *et al.*, 2017). En este contexto, la producción de numerosas semillas por planta es una de las características adaptativas más importantes relacionadas con la evolución y

propagación de la resistencia a los herbicidas (Diez de Ulzurrun *et al.*, 2020). Sin embargo, el éxito de una especie en un ambiente dado también depende de la capacidad de dispersión al banco del suelo, lo cual determina en gran medida el tamaño potencial de la población en la generación siguiente.

En el presente estudio, más de 15 millones de semillas m<sup>-2</sup> estarían en condiciones de germinar en las parcelas no tratadas con herbicidas (testigo) y producir nuevas infestaciones, valores muy similares a los obtenidos en parcelas tratadas con glifosato solo, glifosato + flumioxazin y glifosato + atrazina. Únicamente la aplicación de glifosato en mezcla con herbicidas que inhiben la ALS tales como diclosulam y clorimuron podrían reducir la fecundidad de las plantas de *C. sumatrensis* sobrevivientes y, en consecuencia, el banco de semillas del suelo. Dada la gran cantidad de semillas que pueden producir las plantas que sobreviven a las aplicaciones, es de fundamental importancia reconocer aquellos tratamientos que podrían reducir la cantidad de plántulas potenciales a emerger y de esta manera afectar la dinámica poblacional de la maleza.

## CONCLUSIONES

La mezcla de glifosato + diclosulam fue el tratamiento que demostró mayor efectividad y residualidad de control, reduciendo en más del 85% la emergencia de nuevas plantas a los 240 DDA y más del 70% al año de la aplicación. Las semillas de *C. sumatrensis*, provenientes de plantas tratadas con glifosato + diclosulam y glifosato + clorimuron mostraron un efecto negativo en la fecundidad reduciendo significativamente la producción de semillas por metro cuadrado. Estos resultados resaltan la relevancia de realizar controles eficaces en estadios tempranos de la maleza (*i.e.* estado de plántula) para minimizar la supervivencia de las plantas, ya que la fecundidad de las plantas sobrevivientes, si bien es menor en relación a la que se observa en plantas testigo (sin aplicación de herbicida), resulta elevada y por lo tanto no se reducirá significativamente el tamaño potencial de la generación siguiente.

El presente trabajo forma parte de la tesis de la primera autora en el marco del Doctorado en Ciencias Agrarias, y la presente publicación forma parte de los requerimientos que se establecen para acceder al grado académico de Doctor en Ciencias Agrarias, de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albrecht, A. J., Albrecht, L. P., Rodrigues Alves, S. N., Silva, A. F., Silva, W. D., Lorenzetti, J. B. y Barroso, A. A. (2021). Pre-sowing application of combinations of burndown and pre-emergent herbicides for *Conyza* spp. control in soybean. *Agronomía Colombiana*, 39(1), 121-128. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n1.89545>
- Andres, A. y Flecks, N. (1994). Efeitos de herbicidas aplicados no período reprodutivo sobre o crescimento inicial de plantas daninhas na geracao seguinte. *Planta Daninha*, 12(2), 70-77. <https://doi.org/10.1590/S0100-83581994000200003>
- Anzalone, A. (2007). *Herbicidas. Modos y mecanismos de acción en plantas* (pp. 72). Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, UCLA. Venezuela. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/47809/mod\\_resource/content/1/Herbicidas%20Modos%20y%20Mec%20accion%20Anzalone.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/47809/mod_resource/content/1/Herbicidas%20Modos%20y%20Mec%20accion%20Anzalone.pdf)
- Balassone, F., Puricelli, E. y Faccini, D. (2020). Sensibilidad de biotipos de *Conyza sumatrensis* a glifosato y a inhibidores de ALS en dos estados de desarrollo. *AgriScientia*, 37(2), 11-20. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n2.25404>
- Barbieri, E., Bedmar, F., Leaden, M. I. y Gianelli, V. (2014). Alternativas de control químico de rama negra. *Visión Rural*, 103, 8-11.
- Bedmar, F., Diez de Ulzurrun, P., Gianelli, V. y Leaden, M. I. (2014). Competencia de rama negra en soja. *Visión Rural*, 103, 5-7.
- Bennett, A. C. y Shaw, D. R. (2000). Effect of Glycine max cultivar and weed control on weed seed characteristics. *Weed Science*, 48(4), 431-435. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0431:EOMCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0431:EOMCA]2.0.CO;2)
- Braz, G. B., Oliveira, R. S., Zobiole, L. H. S., Rubin, R. S., Voglewede, C., Constantin, J. y Takano, H. K. (2017). Sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*) control in no-tillage soybean with diclosulam plus halauxifen-methyl. *Weed Technology*, 31(2), 184-192. <https://doi.org/10.1017/wet.2016.28>
- Byker, H. P., Soltani, N., Robinson, D. E., Tardif, F. J., Lawton, M. B. y Sikkema, P. H. (2013). Glyphosate-resistant Canada fleabane [*Conyza canadensis* (L.) Cronq.]: Dose response to glyphosate and control with postemergence herbicides in soybean in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*, 93(6), 1187-1193. <https://doi.org/10.4141/cjps2012-320>
- Cantu, R. M., Albrecht, L. P., Albrecht, A. J., Silva, A. F., Danilussi, M. T. y Lorenzetti, J. B. (2021). Herbicide alternative for *Conyza sumatrensis* control in pre-planting in no-till soybeans. *Advances in Weed Science*, 39. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2021;39:000012>
- Crespo, R. J., Bernards, M. L., Kruger, G., Lee, D. y Wilson, R. (2013). Response of Nebraska Horseweed (*Conyza canadensis*) populations to Dicamba. *Journal of Agricultural Science*, 5, 158-164. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n5p158>
- Davis, V., Gibson, K., Bauman, T., Weller S. y Johnson, W. (2009). Influence of weed management practices and crop rotation on glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) population dynamics and crop yield-years III and IV. *Weed Science*, 57, 417-426. <https://doi.org/10.1614/WS-09-006.1>
- Davis, V., Kruger, G., Young, B. y Johnson, W. (2010). Fall and spring preplant herbicide applications influence spring emergence of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Technology*, 24(1), 11-19. <https://doi.org/10.1614/WT-09-064.1>
- Diez de Ulzurrun, P., Acedo, M.B., Garavano, M.E., Gianelli, V. y Ispizua, V.N. (2020). Analysis of the agronomic interest characteristics for the management of *Conyza blakei*, *Conyza bonariensis*, *Conyza sumatrensis*, and *Conyza lorentzii*. *Agrociencia (Uruguay)*, 24(1), 1-14. <https://doi.org/10.31285/agro.24.112>
- Facility, G. B. (2010). *Maps of distribution of Conyza*. Global Biodiversity Information. <https://maps.biodiversityireland.ie/Species/40741>
- Faccini, D., Nisensohn, L., Puricelli, E., Tuesca, D. y Allieri, L. (2008). *Malezas frecuentes en los agroecosistemas de la región sojera núcleo* (pp. 42-43). Facultad de Ciencias Agrarias. UNR y Dow AgroSciences.
- Fenner, M. (1991). The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Science Research*, 1(2), 75-84. <https://doi.org/10.1017/S0960258500000696>
- Ganie, Z. A. y Jhala, A. J. (2017). Confirmation of glyphosate-resistant common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in Nebraska and response to POST corn and soybean herbicides. *Weed Science*, 31, 225-237 <https://doi.org/10.1614/WS-08-160.1>
- Gianelli, V., Bedmar, F., Panaggio, H. y Leaden, M. I. (2015). Eficacia de control de *Conyza sumatrensis* (Retz) en dos estados de desarrollo. En: XXII Congreso Latinoamericano de Malezas y I Congreso Argentino de Malezas ASACIM. Buenos Aires (Argentina). 146 p.
- Gianelli, V., Bedmar, F., Diez De Ulzurrun, P. y Panaggio, H. (2017). Dinámica de emergencia y competencia intraespecífica en *Conyza sumatrensis*. *Agrociencia Uruguay*, 21(1), 69-77. [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482017000100069](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482017000100069)
- Gianelli, V., Scaramuzza, N., Bedmar, F. y Diez de Ulzurrun, P. (2018). Sensibilidad de *Conyza bonariensis* y *Conyza sumatrensis* a glifosato en distintos estadios de desarrollo. *Ciencias Agronómicas*, 31(18), 25-33. <http://hdl.handle.net/2133/13746>
- Hao, J. H., Qiang, S., Liu, Q. Q. y Cao, F. (2009). Reproductive traits associated with invasiveness in *Conyza sumatrensis*. *Journal of Systematics and Evolution*, 47(3), 245-254. <https://doi.org/10.1111/j.1759-6831.2009.00019.x>
- Heap, I. (2024). International survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx?WeedID=65>
- Johannes, H. y Schuh, J. (1971). *Das bonitierungsschema 1-9*. European Weed Research Council (EWRS), Begbroke Hill.
- Kahl, M., Kleisinger, G. y Puricelli, E. (2017). Control de *Conyza sumatrensis* con saflufenacil en mezcla con herbicidas residuales en barbecho químico. <https://inta.gob.ar/documentos/control-de-conyza-sumatrensis-con-saflufenacil-en-mezcla-con-herbicidas-residuales-en-barbecho-quimico>
- Kaspary, T. E., Lamego, F. P., Belle, C., Aguiar, A. C. y Cutti, L. (2021). Management of glyphosate-resistant hairy fleabane and contribution of the physiological potential of seeds to resistance. *Revista Caatinga*, 34, 68-79. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n108rc>
- Kruger, G., Davis, V., Weller, S. y Johnson, W. (2010). Growth and seed production of horseweed (*Conyza canadensis*) populations after exposure to postemergence 2,4-D. *Weed Science*, 58, 413-419. <https://www.jstor.org/stable/40586862>
- Lazzaretti Galante, M., Kalnay, P. y Cornejo, V. N. (2014). *Control de rama negra (Conyza spp. L.) en barbecho de otoño* (tesis de grado). <https://repositorio.unnoba.edu.ar:8080/xmlui/handle/23601/325>

- Metzler, M., Puricelli, E. y Papa, J. C. (2013). Manejo y control de rama negra. <http://www.aapresid.org.ar/rem>
- Montoya, J. (2013). Manejo de rama negra. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 21(255), 22-30. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_combate\\_de\\_plagas\\_y\\_malezas/162-rama\\_negra.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/162-rama_negra.pdf)
- Nandula, V. K., Eubank, T. W., Poston, D. H., Koger, C. H. y Reddy, K. N. (2006). Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Science*, 54(5), 898-902. <https://doi.org/10.1614/WS-06-006R2.1>
- Norsworthy, J. K., Ward, S. M., Shaw, D. R., Llewellyn, R. S., Nichols, R. L., Webster, T. M., Bradley, K. W., Frisvold, G., Powles, S. B., Burgos, N. R., Witt, W. W. y Barrett, M. (2012). Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science*, 60, 31-62. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00155.1>
- Paula, J. M., Vargas, L., Agostinetto, D. y Nohatto, M. A. (2011). Management of Glyphosate-Resistant *Conyza bonariensis*. *Planta Daninha*, 29, 217-227. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000100024>
- Papa, J. C., Tuesca, D. y Nisensohn L. (2010). Control tardío de rama negra (*Conyza bonariensis*) y peludilla (*Gamochaeta spicata*) con herbicidas inhibidores de la protoporfirin-IX-oxidasa previo a un cultivo de soja. *Para mejorar la producción Soja*, 45, 85-89.
- Piasecki, C., Mazon, A. S., Monge, A., Cavalcante, J. A., Agostinetto, D. y Vargas, L. (2019). Glyphosate applied at the early reproductive stage impairs seed production of glyphosate-resistant hairy fleabane. *Planta Daninha*, 37. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100104>
- Puricelli, E., Faccini, D., Metzler, M. y Torres, P. S. (2015). Differential susceptibility of *Conyza bonariensis* biotypes to glyphosate and ALS-inhibiting herbicides in Argentina. *Agricultural Sciences*, 6, 22-30. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.61003>
- Rinella, M. J., Hagerkamp, M. R., Masters, R. A., Muscha, J. M., Bellows, S. E. y Vermeire, L. T. (2010). Growth regulator herbicides prevent invasive annual grass seed production. *Invasive Plant Science and Management*, 3, 12-16. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-09-00007.1>
- Sansom, M., Saborido, A. y Dubois, M. (2013). Control of *Conyza* spp. with Glyphosate – A Review of the Situation in Europe. *Plant Protect Sci*, 49(1), 44-53. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133173276>
- Schneider, T., Camera, J. N., Koefender, J., Rizzardi, M. A., Bianchi, M. A. y Rockenbach, A. P. (2021). Herbicide performance in the control of *Conyza* spp. where three plant heights. *Bioscience Journal*, 37, 1981-3163. <https://doi.org/10.14393/BJ-v37n0a2021-53718>
- Sherman, A. D., Haramoto, E. R. y Green, J. D. (2020). Integrating fall and spring herbicides with a cereal rye cover crop for horseweed (*Conyza canadensis*) management prior to soybean. *Weed Technology*, 34(1), 64-72. <https://doi.org/10.1017/wet.2019.116>
- Steckel, L. E. y Gwathmey, C. O. (2009). Glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) growth, seed production, and interference in cotton. *Weed Science*, 57(3), 346-350. <https://doi.org/10.1614/WS-08-127.1>
- Thébaud, C., Finzi, A., Affre, I., Debussche, M. y Escarre, J. (1996). Assessing why two introduced *Conyza* differ in their ability to invade Mediterranean old fields. *Ecology*, 77(3), 791-804. <https://www.jstor.org/stable/2265502?seq=1>
- Tuesca, D., Nisensohn, L., Papa, J. C. y Prieto, G. (2009). Alerta rama negra (*Conyza bonariensis*). Maleza problema en barbechos químicos y en cultivos estivales. [https://www.inta.gov.ar/actual/alert/09/rama\\_negra\\_barbechos.pdf](https://www.inta.gov.ar/actual/alert/09/rama_negra_barbechos.pdf)
- University of Hertfordshire. (2024). Pesticide Properties DataBase. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>
- Ustarroz, D., Puricelli, E. C., Rainero, H. P. y Bellón, D. (2010). Control de rama negra (*Conyza bonariensis*) (L.) Cronq. con glifosato en distintos estados de desarrollo de la maleza. *Revista Agromensajes UNR*. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/30/2AM30.htm>
- Ustarroz, D. y Rainero, H. P. (2012). Control de *Conyza bonariensis* "rama negra" durante el barbecho. <http://inta.gob.ar>.
- Ustarroz, D. y Cerutti, D. (2015). Dinámica de emergencia de *Conyza bonariensis* (L.) cronquist. durante el período de barbecho. En: XXII congreso de ALAM. I Congreso de la ASACIM. Buenos Aires, Argentina. <https://doczz.com.br/doc/38415/tl---asacim>
- Van Gessel, M. J. (2001). Glyphosate-resistant horseweed from Delaware. *Weed Science*, 49, 703-705. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0703:RPRHFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0703:RPRHFD]2.0.CO;2)
- Xu, Y., Ye, J., Khalofah, A., Zuan, A. T. K., Ullah, R. y El-Shehawi, A. M. (2021). Seed germination ecology of *Conyza sumatrensis* populations stemming from different habitats and implications for management. *Plos one*, 16(12), e0260674. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0260674>
- Zambrano Navea, C. (2013). *Demografía y dinámica poblacional de Conyza bonariensis* (L.) Cronq (pp. 97, tesis doctoral). Universidad de Córdoba, España.