

Sensibilidad de biotipos de *Conyza sumatrensis* a glifosato y a inhibidores de ALS en dos estados de desarrollo

Balassone, F., Puricelli, E. y Faccini, D.

DOI: 10.31047/1668.298x.v37.n2.25404

RESUMEN

Conyza sumatrensis es una de las malezas más problemáticas de Argentina, con frecuentes fallas de control después de la aplicación de glifosato. El objetivo del trabajo fue evaluar la sensibilidad de biotipos de *C. sumatrensis*, en dos estados de desarrollo (roseta y vegetativo), a glifosato y a inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (ALS). Se realizaron estudios de dosis-respuesta utilizando 0, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8 y 16 veces la dosis recomendada para cada herbicida. Al estado de roseta el nivel de resistencia para glifosato fue de 9,8, mientras que en estado vegetativo ninguno de los biotipos fue controlado con la dosis recomendada, siendo menor la sensibilidad del biotipo R (IR = 2,3). El control de ambos biotipos con inhibidores de la ALS fue excelente al estado de roseta, con dosis menores que las recomendadas. Al estado vegetativo los controles fueron adecuados (80 %) con dosis menores que las recomendadas (0,16 X a 0,97 X), excepto para metsulfuron-metil + clorsulfuron en el biotipo S (1,75 X). Estos resultados confirmarían la existencia de un biotipo resistente a glifosato en Argentina y que los herbicidas inhibidores de la ALS pueden controlar biotipos resistentes e individuos más desarrollados.

Palabras claves: resistencia; dosis-respuesta; inhibidor de la EPSPS; rama negra.

Balassone, F., Puricelli, E. and Faccini, D., 2020. Sensitivity of *Conyza sumatrensis* biotypes to glyphosate and ALS-inhibiting herbicides at two growth stages. *Agriscientia* 37 (2): 11-20

SUMMARY

Conyza sumatrensis is one of the most problematic weeds in Argentina, with frequent control failures after glyphosate application. The objective of this research was to evaluate sensitivity of *C. sumatrensis* biotypes, at two growth stages (rosette and vegetative), to glyphosate and acetolactate synthase (ALS)-inhibiting herbicides. Dose-response experiments were performed using

0, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8, and 16-fold of the recommended dose for each herbicide. At rosette stage, the resistance level for glyphosate was 9.8, while at the vegetative stage neither biotype was controlled with the recommended dose, with lower sensitivity of biotype R (RI = 2.3). Control of both biotypes using ALS-inhibiting herbicides was excellent at rosette stage, with lower doses than the recommended. At vegetative stage controls were good (80 %) with lower doses than recommended (0.16 X to 0.97 X), except for metsulfuron-methyl + chlorsulfuron in biotype S (1.75 X). These results may confirm the existence of a biotype resistant to glyphosate in Argentina and that ALS-inhibiting herbicides could control resistant biotypes and more developed individuals.

Key words: resistance; dose-response; EPSPS inhibitor; Sumatran fleabane.

Balassone, F. (ORCID: 0000-0003-2108-623X) y Faccini, D. (ORCID: 0000-0001-9375-4554): Cátedra de Malezas, Facultad de Ciencias Agrarias de Rosario (UNR). Puricelli, E. (ORCID: 0000-0001-8949-6169): Cátedra de Terapéutica Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias de Rosario (UNR). Campo Experimental Villarino (S2125ZAA). Zavalla, Santa Fe, Argentina. Correspondencia a: fedebalassone@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Conyza sumatrensis (Retz.) E. Walker (rama negra) es una maleza anual de hoja ancha, que pertenece a la familia Asterácea. Es nativa de América del Sur y es una de las especies más ampliamente distribuidas en el mundo (Thebaud y Abbott, 1995; Osuna y De Prado, 2003). Es muy invasiva debido a la gran cantidad y rápida producción de aquenios, que pueden dispersarse a largas distancias por acción del viento (Hao, Qiang, Liu y Cao, 2009). En Argentina esta especie emerge durante el barbecho invernal, con picos en otoño y primavera (Gianelli, Bedmar, Diez de Ulzurrun y Panaggio, 2017). *Conyza* spp. se encuentran comúnmente en áreas cultivables y no cultivadas, y han sido citadas como malezas de pasturas, cultivos anuales y perennes (Diez de Ulzurrun, Acedo, Garavano, Gianelli e Ispizúa, 2018). Estas prosperan en sistemas conservacionistas o sin labranza (Vencill y Banks, 1994), pero son susceptibles a las prácticas de laboreo utilizadas en los sistemas de labranza convencional (Brown y Whitwell, 1988). Con la adopción generalizada de la siembra directa en Argentina, *C. sumatrensis* se volvió una maleza común y problemática en los cultivos de verano (Gianelli *et al.*, 2017; Frene *et al.*, 2018). *Conyza* spp. pueden producir pérdidas significativas en el rendimiento de soja, incluso en bajas densidades, si es sembrada en áreas donde la maleza ya se encuentra establecida (Trezzi *et al.*, 2013).

Especies del género *Conyza* han generado resistencia a diferentes herbicidas en todo el mundo. En el caso de *C. sumatrensis* se confirmó resistencia a herbicidas de seis diferentes mecanismos de acción (Heap, 2020). El primer caso de resistencia a glifosato en esta especie fue confirmado en huertos de España en 2009 (Heap, 2020). Mientras que en 2010 en Brasil se confirmó resistencia en cultivos extensivos anuales (soja y maíz) (Santos G. *et al.*, 2014a) y en 2018 en barbecho en Australia (Heap, 2020). En 2011 se informó en Brasil el primer caso de resistencia a herbicidas inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS) en cultivos anuales y resistencia múltiple a glifosato y herbicidas inhibidores de la ALS (Santos G., Oliveira, Constantin, Francischini y Osipe, 2014b; Heap, 2020).

Durante las dos últimas décadas, el control químico mediante el uso intensivo de glifosato fue una práctica común, tanto durante el barbecho como en los cultivos de verano, principalmente en soja (Frene *et al.*, 2018). Inicialmente, este herbicida fue eficaz en el control de especies del género *Conyza* (Puricelli y Tuesca, 2005; Puricelli, Faccini, Metzler y Torres, 2015), pero actualmente es común que se produzcan fallas en su control (Frene *et al.*, 2018). En 2012 se informó un caso de resistencia a glifosato en *Conyza bonariensis* en el área de estudio (Puricelli *et al.*, 2015). Sin embargo, en Argentina actualmente no se han confirmado biotipos de *C. sumatrensis* resistentes a glifosato (Heap, 2020).

La eficacia de los herbicidas generalmente está asociada con el tamaño de las malezas, presentando una mayor sensibilidad durante los primeros estados de desarrollo (Takano, Oliveira Jr., Constantin, Braz y Gheno, 2017). De acuerdo con numerosos estudios *Conyza* spp. son muy sensibles al glifosato desde el estado de plántulas hasta la etapa de roseta (Osuna y De Prado, 2003; Faccini y Puricelli, 2007; Shrestha, Hembree y Va, 2007; González-Torralba *et al.*, 2010), sin embargo, la eficacia se reduce significativamente cuando comienza la elongación del tallo (Travlos y Chachalis, 2013; Santos G. *et al.*, 2014a). El largo período de barbecho invernal (mayo a octubre), que es común en las principales áreas de producción de soja de Argentina, genera condiciones favorables para la emergencia de *Conyza* spp. (Gianelli *et al.*, 2017) y si no son correctamente manejadas durante el invierno, las plantas pueden alcanzar tamaños que son difíciles de controlar con herbicidas en pre-siembra de soja (Oliveira Neto *et al.*, 2010; Sansom, Saborido y Dubois, 2013).

En los sistemas en siembra directa normalmente se realiza una aplicación de herbicidas para controlar malezas emergidas antes de la siembra del cultivo de soja (Frene *et al.*, 2018). Los herbicidas inhibidores de la ALS, particularmente el metsulfuron-metil, diclosulam y clorimuron-etil, pueden mejorar la eficacia de los controles post-emergentes de *C. sumatrensis* (Santos F. *et al.*, 2014a; Santos G. *et al.*, 2014b), y proporcionar un control residual de nuevos flujos de emergencia (Osuna y De Prado, 2003). No hay información publicada sobre la sensibilidad de *C. sumatrensis* a la mezcla de herbicidas inhibidores de la ALS que contienen sulfometuron o clorsulfuron, comúnmente utilizados en barbecho previo a la siembra de cultivares de soja tolerante a sulfonilureas (soja STS).

Por lo tanto, resulta importante estudiar la respuesta de diferentes biotipos de *C. sumatrensis* de Argentina al glifosato, para determinar si las fallas de control se deben a resistencia, uso inadecuado de la tecnología de pulverización o a aplicaciones de glifosato en estados de desarrollo avanzados. Una mejor comprensión de la diferente eficacia de control entre biotipos es esencial para desarrollar estrategias efectivas de manejo a largo plazo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la sensibilidad de dos biotipos de *C. sumatrensis* a glifosato y a herbicidas inhibidores de la ALS, en dos diferentes estados de desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En marzo y abril de 2014 se recolectaron semillas maduras de *C. sumatrensis* en siete campos del área agrícola de Argentina. En algunos campos se habían observado fallas en el control de esta maleza con glifosato durante los últimos años, mientras que en otros el control había sido adecuado. Semillas de al menos 50 plantas se combinaron en una muestra compuesta por campo y se almacenaron en bolsas de papel a temperatura ambiente. Se realizó un estudio preliminar sembrando semillas de cada campo en bandejas con tierra; las plántulas al estado de dos a tres hojas se trasplantaron a macetas de tres litros rellenas con tierra. En la etapa de roseta se aplicó una dosis de 1080 g e.a. ha⁻¹ de glifosato (Roundup 48 %, 36 % e.a.). A los 30 días después de la aplicación (DDA) se evaluaron los porcentajes de control visual respecto a un testigo sin tratar y se eligieron dos biotipos con susceptibilidad contrastante. El biotipo que mostró bajos niveles de control fue designado como biotipo R (31° 43' 55,1" S y 60° 31' 25,7" O) y otro con alto porcentaje de control fue designado como biotipo S (33° 53' 23" S y 60° 34' 24" O).

Los experimentos se realizaron en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario (33° 01' 34,5" S y 60° 53' 14" O), Zavalla, Argentina. Semillas del biotipo R y S fueron sembradas en bandejas plásticas rellenas con tierra. Para generar variación en el tamaño de las plantas se realizaron siembras secuenciales, una en mayo (primera siembra) y otra en junio (segunda siembra) de 2015, y se repitieron en 2016. Las plántulas con dos a tres hojas se trasplantaron en macetas individuales con agujeros de drenaje (18 cm de profundidad y 16 cm de ancho) que contenían 3 kg de tierra tamizada. El suelo libre de herbicidas se obtuvo del área de estudio y fue tamizado a través de una malla con orificios de 5 mm. Las plantas con cuatro a cinco hojas fueron raleadas a una planta por maceta y cada maceta fue una unidad experimental. Las macetas se mantuvieron en condiciones de campo y se regaron de manera uniforme, cuando fue necesario.

El diseño del experimento fue completamente aleatorizado, con arreglo factorial (2 x 2 x 4 x 10) y cuatro repeticiones por tratamiento. El primer factor fue el biotipo (R y S); el segundo factor fue el estado de desarrollo de la planta (roseta: 15 - 20 hojas, con 12 - 14 cm de diámetro y un peso seco de 0,4 - 0,6 g por planta, y estado vegetativo: 12 - 16 cm de altura, con un peso seco de 1,8 - 2,2 g por planta); el tercer factor fue el herbicida (glifosato

48 % (Roundup), diclosulam 84 % (Spider), sulfometuron-metil 15 % + clorimuron-etil 20 % (Ligate) y metsulfuron-metil 12,5 % + clorsulfuron 62,5 % (Finesse)), y el cuarto factor fue la dosis (0 X, 1/16 X, 1/8 X, 1/4 X, 1/2 X, 1 X, 2 X, 4 X, 8 X y 16 X). La dosis recomendada de los diferentes herbicidas (1 X) fue: 1080 g e.a. ha⁻¹ de glifosato, 25,2 g i.a. ha⁻¹ de diclosulam, (15 + 20) g i.a. ha⁻¹ de sulfometuron-metil 15 % + clorimuron-etil 20 % y (1,9 + 9,3) g i.a. ha⁻¹ de metsulfuron-metil 12,5 % + clorsulfuron 62,5 %. En las mezclas de herbicidas inhibidores de la ALS se utilizó la suma de los ingredientes activos de los dos componentes para el análisis y discusión de los resultados.

Los tratamientos fueron aplicados el 17 de septiembre de 2015 y el 26 de septiembre de 2016, utilizando una cabina de pulverización con boquillas abanico plano, calibradas para entregar un volumen de pulverización de 116 l ha⁻¹ a 30 PSI. A los 30 días DDA se estimaron los niveles de daño como porcentajes de control visual con respecto a un testigo sin tratar, donde la escala utilizada varió entre el 0 %, que representa a plantas sin ninguna lesión, y el 100 %, que corresponde a la muerte de la planta. Además, se cosechó la biomasa aérea de las plantas sobrevivientes y se secaron a 70 °C durante 72 h, para determinar su peso seco. En las Figuras 1 y 2 se presentan las temperaturas

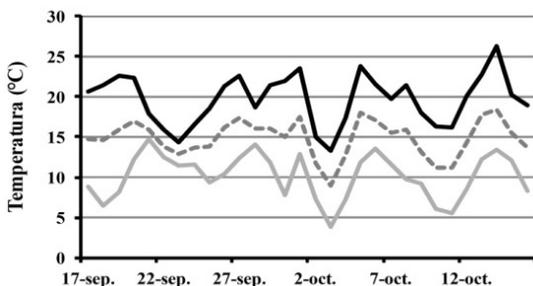


Figura 1. Temperatura máxima (—), mínima (---) y media (-.-) del aire desde la aplicación hasta la finalización del experimento, año 2015

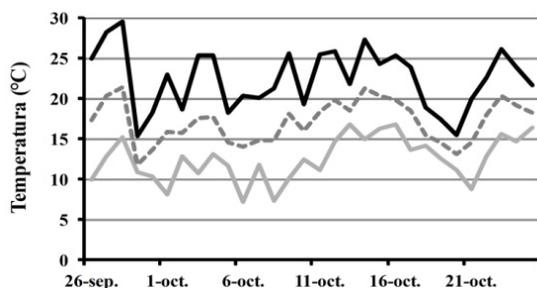


Figura 2. Temperatura máxima (—), mínima (---) y media (-.-) del aire desde la aplicación hasta la finalización del experimento, año 2016

máximas, mínimas y medias del aire registradas desde la aplicación de los tratamientos hasta el final del experimento.

Se hicieron correlaciones usando evaluaciones de control visual y peso seco de la planta. Los datos se sometieron a una prueba de normalidad antes del análisis de varianza y fueron transformados cuando fue necesario. Las variaciones en los porcentajes de control visual, a medida que se incrementó la dosis de los herbicidas, fueron analizadas mediante modelos de regresión no lineal, utilizando el paquete drc (Ritz, Baty, Streibig y Gerhard, 2015) del software estadístico R, versión 3.2.2 (R-CoreTeam, 2015). Las curvas de dosis-respuesta fueron ajustadas a un modelo log-logístico de cuatro parámetros (Seefeldt, Jensen y Fuerst, 1995) dado por la siguiente expresión:

$$y = C + (D - C) / (1 + (x/e)^b)$$

en el que y es la respuesta (porcentaje de control), x es la dosis del herbicida, C es el límite inferior, D es el límite superior, e es la dosis que da como resultado una respuesta del 50 % y b es la pendiente de la curva. El término e de la ecuación es una estimación del C₅₀, que representa la dosis de herbicida necesaria para alcanzar un control del 50 %. Además, sobre la base de los modelos ajustados se obtuvieron los valores de C₈₀, que representan la dosis de herbicida que proporciona un control del 80 %.

El índice de resistencia a glifosato (IR) en ambos estados de desarrollo fue determinado como la relación del C₅₀ de la población R con respecto al C₅₀ de la población S (es decir, IR = C₅₀ R / C₅₀ S).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los valores reales debido a que la transformación de los datos no modificó los resultados del análisis. Se obtuvo una alta correlación ($r = -0,98$) entre los niveles de control visual y la reducción de la biomasa seca a los 30 DDA, y por lo tanto, solo se presentan los resultados del control visual. No hubo interacción significativa entre años, por lo que se agruparon los datos de ambos años. Se detectó una interacción significativa ($p < 0,01$) entre los biotipos, estado desarrollo, herbicidas y dosis. Los valores de R² fueron cercanos a 1, lo que indica un adecuado ajuste del modelo a los datos observados. A partir de los modelos ajustados se calcularon los C₅₀ y C₈₀ de cada biotipo y herbicida testeado, para ambas etapas de desarrollo.

En el estado de roseta, todos los herbicidas lograron controles del 100 % en el rango de

dosis de 1/4 X a 16 X. Sin embargo, en la etapa vegetativa solo los herbicidas inhibidores de la ALS lograron el 100 % de control dentro del rango de dosis probadas; mientras que, para el glifosato no se lograron controles del 100 % con la máxima dosis testada (16 X).

Se observó una respuesta diferencial en el control entre el biotipo R y S a medida que se incrementó la dosis de glifosato, para ambas etapas de desarrollo (Figura 3), lo que coincide con otros estudios en esta especie (Santos G. *et al.*, 2014a). Los síntomas observados fueron clorosis seguida de necrosis del tejido.

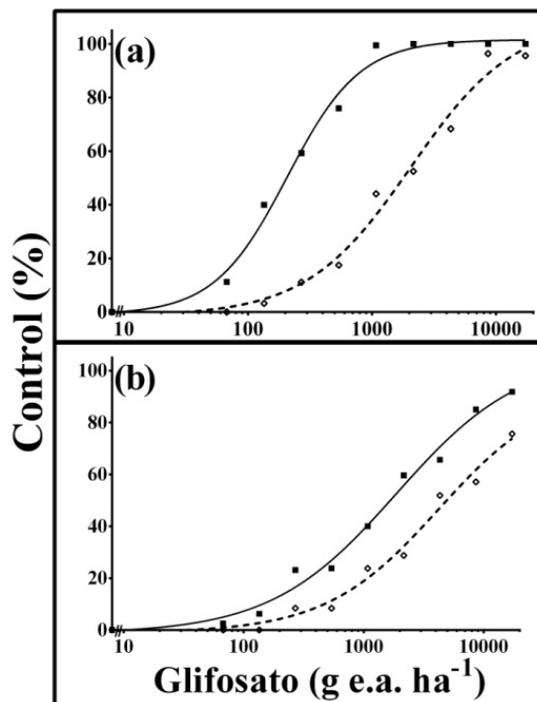


Figura 3. Curvas de dosis-respuesta a glifosato 30 DDA para los biotipos S (■) y R (◊) de *C. sumatrensis*, en el estado de: (a) roseta y (b) vegetativo

En el estado de roseta, el valor de C_{50} del biotipo S fue significativamente menor ($p < 0,05$) que el del biotipo R (Tabla 1). Para el biotipo R se determinó un IR de 9,8; este valor es similar a los obtenidos en otros estudios: 7,5 y 7 en España (González-Torralva, Gil-Humanes, Barro, Domínguez-Valenzuela y De Prado, 2014; Amaro-Blanco, Fernández-Moreno, Osuna-Ruiz, Bastida y De Prado, 2018); 7,7 en Grecia (Mylonas *et al.*, 2014) y 4 y 6,7 en Brasil (Santos G. *et al.*, 2014a; Santos G. *et al.*, 2014b). En estos estudios, los biotipos resistentes evolucionaron en huertos, olivares, viñedos o cultivos de soja resistentes a glifosato, que habían utilizado glifosato de manera continua y como el principal medio de control de malezas, con varias aplicaciones por año y en algunos casos con altas dosis. La dosis recomendada de glifosato (1 X = 1080 g e.a. ha⁻¹) logró controles del 100 % en el biotipo S y del 44 % en el biotipo R. Al estado de roseta, el valor de C_{80} para el biotipo S fue equivalente a 0,5 veces la dosis recomendada, mientras que para el biotipo R fue 7,5 veces mayor que la dosis recomendada (Tabla 1). La dosis necesaria para lograr un control agrónomicamente aceptable (≥ 80 %) en el biotipo R fue mucho mayor que la recomendada, lo que indica que el glifosato no sería una opción efectiva para controlar esta población. Gianelli, Scaramuzza, Bedmar y Diez de Ulzurrun (2020) obtuvieron resultados similares a los mostrados por el biotipo R en una población de *C. sumatrensis* de Balcarce, donde el glifosato no fue eficaz a la dosis de uso, siendo necesario un incremento de la dosis (2880 g e.a. ha⁻¹) para alcanzar niveles de control superiores al 80 %, con un valor de C_{50} de 493 g e.a. ha⁻¹, mayor que la observada en el biotipo S y menor que la del biotipo R.

En el estado vegetativo (12 - 16 cm de altura), el valor de C_{50} también fue significativamente menor ($p < 0,05$) en el biotipo S que en el R (Tabla 1). Sin embargo, en este estado el IR se redujo considerablemente a un valor levemente superior a 2. Además, la dosis recomendada no logró

Tabla 1. Estimaciones de los parámetros ajustados (b, C, D y C_{50}) y el coeficiente de determinación (R^2) del modelo log-logístico, así como las dosis necesarias para alcanzar el 80 % de control (C_{80}) y el índice de resistencia (IR), obtenidos en base al control visual 30 días después de la aplicación de glifosato, en dos biotipos de *Conyza sumatrensis* al estado de roseta y vegetativo

Biotipo	Estado	b	C	D	C_{50} (g e.a. ha ⁻¹)	C_{80} (g e.a. ha ⁻¹)	R^2	IR
S	Roseta	-1,5	-0,7	101,6	207,7	528,6	0,96	-
	Vegetativo	-0,8	-1,5	106,7	1872,8	9903,4	0,93	-
R	Roseta	-1,0	-2,1	109,9	2046,8	8095,6	0,98	9,8
	Vegetativo	-0,9	-1,5	95,2	4272,2	>17280	0,95	2,3

controles adecuados de ninguno de los biotipos, alcanzando valores del 40 % para el biotipo S y del 23 % para el biotipo R. La dosis necesaria para alcanzar controles del 80 % fue equivalente a 9,2 y superior a 16 veces la dosis recomendada en el biotipo S y R, respectivamente. De estos resultados se desprende que ambos biotipos toleraron la dosis recomendada de glifosato al estado vegetativo, con una menor sensibilidad en el caso del biotipo R ($IR = 2,3$). Al estado vegetativo, Gianelli *et al.* (2020) también observaron un incremento de la C_{50} (2894 g e.a. ha^{-1}) y lograron niveles de control de solo 26 % con la dosis de 720 g e.a. ha^{-1} y 25 % con 1440 g e.a. ha^{-1} . En contraposición a estos resultados, Nisensohn, Tuesca y Papa (2011) registraron una alta sensibilidad en *C. sumatrensis* al estado vegetativo, con un valor de C_{50} de 370 g e.a. ha^{-1} y controles por encima del 90 % con la dosis de 720 g e.a. ha^{-1} y 100 % con 1440 g e.a. ha^{-1} . Por su parte, Santos G. *et al.* (2014a) observaron gran variabilidad en las dosis necesarias para obtener controles del 50 % entre poblaciones de *C. sumatrensis* de distintos orígenes (Paraná, Brasil), con distintas respuestas al avanzar el estado de desarrollo.

A partir de los resultados observados en el biotipo S, está claro que el glifosato controla a *C. sumatrensis* en la etapa de desarrollo temprano (roseta), mientras que las plantas más desarrolladas (12 - 16 cm de altura) fueron difíciles de controlar tanto en el biotipo S como en el R, lo que concuerda con otros estudios en esta especie (Travlos y Chachalis, 2013; Santos G. *et al.*, 2014a), en *C. bonariensis* (González-Torralva *et al.*, 2010; Puricelli *et al.*, 2015) y en *Conyza canadensis* (Shrestha *et al.*, 2007; Kumar, Jha y Jhala, 2017). Estos resultados indicarían que el estado de desarrollo es un factor clave en la efectividad del glifosato en *Conyza* spp.

Los niveles de control de los biotipo R y S de *C. sumatrensis* también respondieron al incremento de la dosis de los herbicidas inhibidores de ALS en ambas etapas de desarrollo (Figura 4, 5 y 6). Los síntomas que se observaron fueron clorosis con coloraciones moradas de las nervaduras de las hojas, seguidas de necrosis del tejido.

En la etapa de roseta no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el valor de C_{50} entre biotipos para sulfometuron-metil + clorimuron-etil, con un valor promedio de 2,1 g a.i. ha^{-1} . Los otros herbicidas de este grupo (diclosulam y metsulfuron-metil + clorsulfuron) presentaron un valor de C_{50} más bajo en el biotipo R que en el biotipo S (Tabla 2). Con la dosis recomendada (1 X), los niveles de control de ambos biotipos variaron entre 99 - 100 %. Además

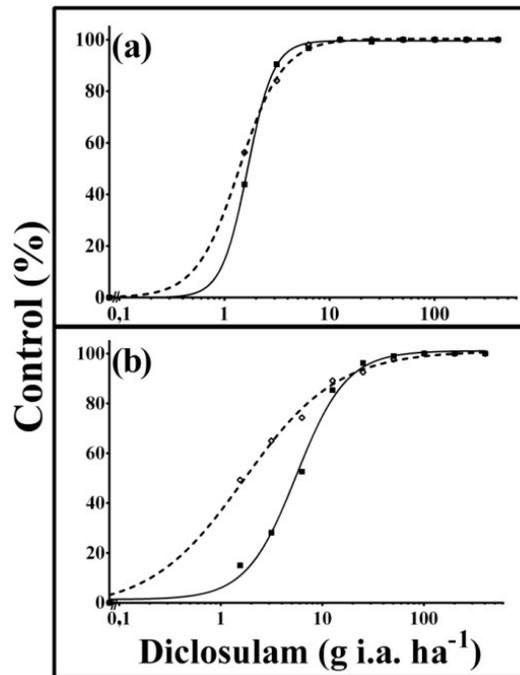


Figura 4. Curvas de dosis-respuesta a diclosulam 30 DDA para los biotipos S (■) y R (◊) de *C. sumatrensis*, en el estado de: (a) roseta y (b) vegetativo

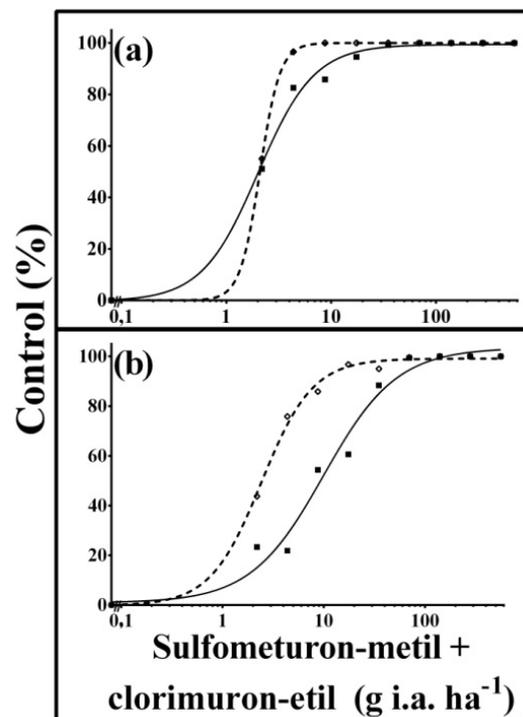


Figura 5. Curvas de dosis-respuesta a sulfometuron-metil + clorimuron-etil 30 DDA para los biotipos S (■) y R (◊) de *C. sumatrensis*, en el estado de: (a) roseta y (b) vegetativo

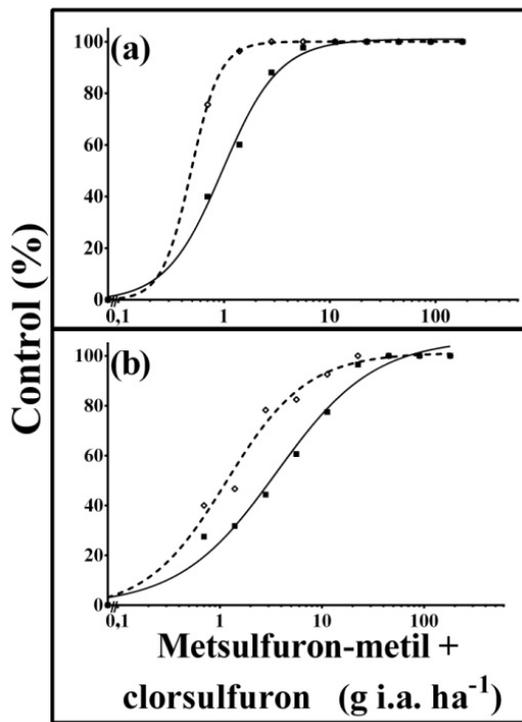


Figura 6. Curvas de dosis-respuesta a metsulfuron-metil + clorsulfuron 30 DDA para los biotipos S (■) y R (◊) de *Conyza sumatrensis*, en el estado de: (a) roseta y (b) vegetativo

las dosis necesarias para lograr controles del 80 % (agronómicamente aceptables) se ubicaron por debajo de la dosis de uso de cada herbicida, descartando la existencia de resistencia a este mecanismo de acción. El C_{80} , en relación con la dosis recomendada, fue 0,10 X para diclosulam en el biotipo S y 0,11 X en el R, 0,14 X para sulfometuron-metil + clorimuron-etil en el biotipo S y 0,08 X en el R, y 0,21 X para metsulfuron-metil + clorsulfuron en el biotipo S y 0,07 X en el R. Amaro-Blanco *et al.* (2018) también obtuvieron los mejores controles de las poblaciones de *C. sumatrensis* resistentes a glifosato con herbicidas inhibidores de la ALS (flazasulfuron o iodosulfuron-metil-sodio). Además, los herbicidas de este grupo mostraron control residual de nuevas plántulas (Braz *et al.*, 2017). La diferencia en sensibilidad entre biotipos a bajas dosis de diclosulam y metsulfuron-metil + clorsulfuron observadas en este trabajo concuerda con estudios en Brasil, donde *C. sumatrensis* mostró un control del 100 % con la dosis recomendada de clorimuron-etil y se observó una sensibilidad diferencial entre las poblaciones a dosis sub-óptimas (Santos F. *et al.*, 2014a; Santos F. *et al.*, 2014b). En *C. bonariensis* buenos controles fueron observados a la dosis de uso, con menor sensibilidad para la mezcla metsulfuron-metil + clorsulfuron en un biotipo sensible a glifosato en comparación con

Tabla 2. Estimaciones de los parámetros ajustados (b , C , D y C_{50}) y el coeficiente de determinación (R^2) del modelo log-logístico, así como las dosis necesarias para alcanzar el 80 % de control (C_{80}), obtenidos sobre la base del control visual 30 días después de la aplicación de los herbicidas inhibidores de la ALS, en dos biotipos de *Conyza sumatrensis* al estado de roseta y vegetativo

Biotipo	Estado	b	C	D	C_{50} (g i.a. ha ⁻¹)	C_{80} (g i.a. ha ⁻¹)	R^2	
Diclosulam								
S	Roseta	-3,5	-0,1	99,6	1,66	2,46	0,99	
	Vegetativo	-1,8	2,6	101,0	5,68	12,2	0,98	
	Sulfometuron-metil + clorimuron-etil							
	Roseta	-1,6	-0,1	99,4	2,02	4,74	0,96	
	Vegetativo	-1,1	3,0	103,9	10,2	33,9	0,96	
	Metsulfuron-metil + clorsulfuron							
Roseta	-1,6	0,2	101,1	1,00	2,4	0,98		
Vegetativo	-0,9	2,7	108,1	3,93	19,7	0,96		
Diclosulam								
R	Roseta	-2,1	-0,1	100,3	1,39	2,68	0,99	
	Vegetativo	-0,9	0,1	102,0	1,71	8,37	0,99	
	Sulfometuron-metil + clorimuron-etil							
	Roseta	-4,6	-0,3	100,0	2,09	2,83	0,99	
	Vegetativo	-1,7	-0,2	99,1	2,43	5,43	0,98	
	Metsulfuron-metil + clorsulfuron							
Roseta	-2,9	-0,1	100,1	0,48	0,76	0,99		
Vegetativo	-1,1	0,5	102,0	1,28	4,74	0,97		

uno resistente (Puricelli *et al.*, 2015). Esta variación en el C_{50} entre la población S y R podría estar asociada a características genéticas o prácticas de manejo en las que evolucionaron, ya que los biotipos difieren en su lugar de origen.

En la etapa vegetativa, el biotipo R mostró valores significativamente más bajos ($p < 0,05$) de C_{50} que el biotipo S para los tres herbicidas inhibidores de ALS (Tabla 2). A la dosis recomendada, los herbicidas inhibidores de ALS lograron controles adecuados en ambos biotipos (88 a 96 %), excepto la mezcla metsulfuron-metil + clorsulfuron en el biotipo S (77 %). El C_{80} en relación con la dosis recomendada fue para diclosulam 0,48 X para el biotipo S y 0,33 X para el biotipo R, para sulfometuron-metil + clorimuron-etil 0,97 X para el biotipo S y 0,16 X para el biotipo R, y para metsulfuron-metil + clorsulfuron fue 1,75 X para el biotipo S y 0,42 X para el biotipo R. Estos resultados demuestran que los herbicidas inhibidores de la ALS constituyen una buena herramienta para el control de plantas de *C. sumatrensis* que hayan comenzado la elongación del tallo, sin embargo el nivel de control es variable según herbicida y biotipo. Elevados niveles de control (≥ 80 %) también fueron observados por Braz *et al.* (2017) en plantas de *C. sumatrensis* de más de 10 cm de altura con mezclas de diclosulam más herbicidas de tipo auxina (2, 4-D o halauxifen-metil), sin lograr un control del 100 %. Santos F. *et al.* (2014b) en contraposición a estos resultados, lograron controles deficientes con la dosis recomendada de clorimuron-etil en plantas de *C. sumatrensis* de 10 - 12 cm de altura, bien controladas al estado de plántulas.

Para los tres herbicidas inhibidores de la ALS se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el valor de C_{50} entre estados de desarrollo para ambos biotipos, siendo menor la sensibilidad al estado vegetativo que en el estado de roseta. Santos F. *et al.* (2014b) también determinaron que la sensibilidad a clorimuron-etil está relacionada con el nivel de desarrollo de *C. sumatrensis*, siendo menor cuanto más avanzado es el desarrollo de las plantas. En ese estudio, los valores de C_{50} se incrementaron entre 8,4 a 20,5 veces al pasar de plantas de 3 - 4 hojas a plantas de 10 - 12 cm de altura. Además, en el mundo ya existe resistencia a los herbicidas inhibidores de la ALS en *C. sumatrensis* (Heap, 2020). El primer caso fue confirmado en España al herbicida imazapir (Osuna y De Prado, 2003). Posteriormente, se notificaron otros casos de resistencia a herbicidas de este mecanismo de acción en Brasil y Francia, en 2011 y 2016 respectivamente (Heap, 2020), y recientemente se identificó un biotipo resistente en

Argentina (Balassone, Tuesca, Puricelli y Faccini, 2019). Además, existen casos confirmados de resistencia múltiple al glifosato y a los herbicidas inhibidores de la ALS como el clorimuron-etil (Santos G. *et al.*, 2014b) y flazasulfuron, iodosulfuron-metil-sodio, mesosulfuron-metil y penoxsulam (Heap, 2020) en Brasil y Francia, respectivamente.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio confirman la existencia de una población de *C. sumatrensis* en Argentina, que no fue controlada en la etapa de roseta con la dosis recomendada de glifosato (1080 g e.a. ha^{-1}), y que requirió una dosis más alta que el biotipo S para obtener un control del 50 % (IR = 9,8). Si bien no se corroboró la heredabilidad del carácter en la F1 de las plantas sobrevivientes al experimento, consideramos que probablemente sea heredable, ya que las plantas R empleadas en el experimento ya son descendencia de plantas sobrevivientes a tratamientos con glifosato en el campo. Por lo tanto, se podría concluir que para *C. sumatrensis* existe resistencia a glifosato en Argentina. Además, la eficacia del glifosato disminuyó durante el estado vegetativo independientemente del biotipo. También está claro que ambos biotipos (S y R) pueden controlarse utilizando herbicidas inhibidores de la ALS en roseta y en la etapa vegetativa (aproximadamente 15 cm de altura), aunque con una eficacia variable según herbicida y biotipo. Aunque los biotipos estudiados fueron controlados por herbicidas inhibidores de ALS, la diferencia de sensibilidad entre biotipos (S y R) a dosis por debajo de las recomendadas y la confirmación en 2019 de un biotipo resistente a herbicidas con este mecanismo de acción en Argentina, hacen necesario adoptar un uso racional de estos herbicidas para el control de *Conyza sumatrensis*. Es conveniente que cuando se apliquen herbicidas inhibidores de la ALS, los mismos se utilicen a la dosis recomendada y en estados tempranos de desarrollo, y se realice rotación o mezcla de tanque de herbicidas de diferentes mecanismos de acción. Además, las prácticas de manejo integrado de malezas, que combinen el uso de herbicidas con opciones de manejo no químico, son esenciales para lograr un manejo sustentable y a largo plazo de esta maleza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Agr. MSc. Marcelo Metzler por su ayuda en la recolección de semillas de plantas de *C. sumatrensis* resistentes a glifosato.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaro-Blanco, I., Fernández-Moreno, P. T., Osuna-Ruiz, M. D., Bastida, F. y De Prado, R. (2018). Mechanisms of glyphosate resistance and response to alternative herbicide-based management in populations of the three *Conyza* species introduced in Southern Spain. *Pest Management Science*, 74 (8), 1925-1937. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4896>
- Balassone, F., Tuesca, D., Puricelli, E. y Faccini, D. (2019). *Detección de una población de rama negra (Conyza sumatrensis (Retz.) E. Walker) con resistencia a herbicidas inhibidores de la síntesis de aminoácidos (ALS)*. Recuperado de <http://www.asacim.org.ar/wp-content/uploads/2019/08/Reporte-de-resistencia-a-ALS-en-Conyza-sumatrensis-Argentina-Balassone-Tuesca.pdf>
- Braz, G. B. P., 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. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2016.28>
- Brown, S. M. y Whitwell, T. (1988). Influence of tillage on horseweed, *Conyza canadensis*. *Weed Technology*, 2 (3), 269-270. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00030566>
- Diez de Ulzurrun, P., Acedo, M. B., Garavano, M. E., Gianelli, V. e Ispizúa, V. N. (2018). Caracterización morfológica de *Conyza blakei*, *Conyza bonariensis* var. *bonariensis*, *Conyza sumatrensis* var. *sumatrensis* y *Conyza lorentzii* en el sudeste bonaerense (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53 (3), 359-373. DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v53.n3.21311>
- Faccini, D. y Puricelli, E. (2007). Efficacy of herbicide dose and plant growth stage on weeds present in fallow ground. *AgriScientia*, 24, 29-35. Recuperado de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2726>
- Frene, R. L., Simpson, D. M., Buchanan, M. B., Vega, E. T., Ravotti, M. E. y Valverde, P. P. (2018). Enlist E3™ soybean sensitivity and Enlist™ herbicide-based program control of Sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*). *Weed Technology*, 32 (4), 416-423. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2018.29>
- Gianelli, V., Bedmar, F., Diez de Ulzurrun, P. y Panaggio, H. (2017). Dinámica de emergencia y competencia intraespecífica en *Conyza sumatrensis*. *Agrociencia Uruguay*, 21, 69-77. Recuperado de: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2301-15482017000100069&lng=es&nrm=iso
- Gianelli, V., Scaramuzza, N., Bedmar, F. y Diez de Ulzurrun, P. (2020). Sensibilidad de *Conyza bonariensis* y *Conyza sumatrensis* a glifosato en distintos estadios de desarrollo. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR*, 0 (31), 25-33. DOI: <https://doi.org/10.35305/agro31.238>
- González-Torralva, F., Gil-Humanes, J., Barro, F., Domínguez-Valenzuela, J. y De Prado, R. (2014). First evidence for a target site mutation in the EPSPS2 gene in glyphosate-resistant Sumatran fleabane from citrus orchards. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 553-560. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0163-8>
- González-Torralva, F., Cruz-Hipolito, H., Bastida, F., Müllleder, N., Smeda, R. J. y De Prado, R. (2010). Differential susceptibility to glyphosate among the *Conyza* weed species in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (7), 4361-4366. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf904227p>
- Hao, J-H., Qiang, S., Liu, Q. y Cao, F. (2009). Reproductive traits associated with invasiveness in *Conyza sumatrensis*. *Journal of Systematics and Evolution*, 47 (3), 245-254. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1759-6831.2009.00019.x>
- Heap, I. (2020, Abril). *The International Survey of Herbicide Resistant Weeds*. Recuperado de <http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx?WeedID=65>
- Kumar, V., Jha, P. y Jhala, A. J. (2017). Confirmation of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) in Montana cereal production and response to POST herbicides. *Weed Technology*, 31 (6), 799-810. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2017.49>
- Mylonas, P. N., Giannopolitis, C. N., Efthimiadis, P. G., Menexes, G. C., Madesis, P. B. y Eleftherohorinos, I. G. (2014). Glyphosate resistance of molecularly identified *Conyza albida* and *Conyza bonariensis* populations. *Crop Protection*, 65, 207-215. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.07.012>
- Nisensohn, L. A., Tuesca, D. y Papa, J. C. (2011). Diferencias en la susceptibilidad al glifosato en plantas de *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist y *Conyza sumatrensis* (Retz) con distinto grado de desarrollo. *Para Mejorar la Producción*, INTA, 46, 105-108. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-diferencias-susceptibilidad-al-glifosato-plantas-cony.pdf>
- Oliveira Neto, A. M., Constantin, J., Oliveira, Jr R. S., Guerra, N., Dan, H. A., Alonso, D. G., Blainski, E. y Santos, G. (2010). Estratégias de manejo de inverno e verão visando ao controle de *Conyza bonariensis* e *Bidens pilosa*. *Planta Daninha*, 28, 1107-16. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500018>
- Osuna, M. D. y De Prado, R. (2003). *Conyza albida*: a new biotype with ALS inhibitor resistance. *Weed Research*, 43 (3), 221-226. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365->

- 3180.2003.00337.x
- Puricelli, E., Faccini, D., Metzler, M. y Torres, P. (2015). Differential susceptibility of *Conyza bonariensis* biotypes to glyphosate and ALS-inhibiting herbicides in Argentina. *Agricultural Sciences*, 6, 22-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.61003>
- Puricelli, E. y Tiesca, D. (2005). Efecto del sistema de labranza sobre la dinámica de la comunidad de malezas en trigo y en barbechos de secuencias de cultivos resistentes a glifosato. *AgriScientia*, 22 (2), 69-78.
- R-CoreTeam. (2015). R: A Language and Environment for Statistical Computing. (Versión 3.2.2). [Software]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado de <https://www.R-project.org>
- Ritz, C., Baty, F., Streibig, J. C. y Gerhard, D. (2015). Dose-response analysis using R. *PLoS ONE*, 10 (12), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146021>
- Sansom, M., Saborido, A. y Dubois, M. (2013). Control of *Conyza* spp. with glyphosate. A review of the situation in Europe. *Plant Protection Science*, 49, 44-53. DOI: <https://doi.org/10.17221/67/2011-PPS>
- Santos, F. M., Vargas, L., Christoffoleti, P. J., Agostinetto, D., Mariani, F. y Dal Magro, T. (2014a). Differential susceptibility of biotypes of *Conyza sumatrensis* to chlorimuron-ethyl herbicide. *Planta Daninha*, 32 (2), 427-435. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582014000200021>
- Santos, F. M., Vargas, L., Christoffoleti, P. J., Agostinetto, D., Martin, T. N., Ruchel, Q. y Fernando, J. A. (2014b). Developmental stage and leaf surface reduce the efficiency of chlorimuron-ethyl and glyphosate in *Conyza sumatrensis*. *Planta Daninha*, 32 (2), 361-375. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582014000200014>
- Santos, G., Oliveira, Jr. R. S., Constantin, J., Constantin Francischini, A., Machado, M. F. P. S., Mangolin, C. A. y Nakajima, J. N. (2014a). *Conyza sumatrensis*: A new weed species resistant to glyphosate in the Americas. *Weed Biology and Management*, 14 (2), 106-114. DOI: <https://doi.org/10.1111/wbm.12037>
- Santos, G., Oliveira, Jr. R. S., Constantin, J., Francischini, A. C. y Osipe, J. B. (2014b). Multiple resistance of *Conyza sumatrensis* to chlorimuronethyl and to glyphosate. *Planta Daninha*, 32 (2), 409-416. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000200019>
- Seefeldt, S. S., Jensen, J. E. y Fuerst, E. P. (1995). Log logistic analysis of herbicide dose response relationships. *Weed Technology*, 9 (2), 218-227.
- Shrestha, A., Hembree, K. y Va, N. (2007). Growth stage influences level of resistance in glyphosate-resistant horseweed. *California Agriculture*, 61 (2), 67-70. DOI: <https://doi.org/10.3733/ca.v061n02p67>
- Takano, H. K., Oliveira, Jr. R. S., Constantin, J., Braz, G. B. P. y Gheno, E. A. (2017). Goosegrass resistant to glyphosate in Brazil. *Planta Daninha*, 35, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582017350100013>
- Thebaud, C. y Abbott, R. J. (1995). Characterization of invasive *Conyza* species (Asteraceae) in Europe: Quantitative trait and isozyme analysis. *American Journal of Botany*, 82 (3), 360-368.
- Travlos, I. S. y Chachalis, D. (2013). Assessment of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis* L. Cronq.) and fleabane (*Conyza albida* Willd. ex Spreng) populations from perennial crops in Greece. *International Journal of Plant Production*, 7 (4), 665-676.
- Trezzi, M. M., Balbinot, Jr. A. A., Benin, G., Debastiani, F., Patel, F. y Miotto, Jr. E. (2013). Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). *Planta Daninha*, 31 (3), 543-550. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000300006>
- Vencill, W. K. y Banks, P. A. (1994). Effects of tillage systems and weed management on weed populations in grain sorghum (*Sorghum bicolor*). *Weed Science*, 42 (4), 541-547. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043174500076918>