
Evaluación de alternativas de manejo con herbicidas residuales preemergentes y postemergentes para el control de *Amaranthus quitensis* en Entre Ríos

Metzler M.J.¹ y Ahumada M.²

¹Grupo Ecofisiología Vegetal y Manejo de Cultivos. INTA EEA Paraná

²FCA-UNER

Introducción

Amaranthus quitensis Kunth. (yuyo colorado) es una de las malezas anuales más importantes de la Argentina (De la Fuente *et al.*, 1995). Las infestaciones de esta maleza pueden causar una reducción en los rendimientos de los cultivos de verano por la competencia (Vitta *et al.*, 2000). Durante la década pasada, la especie disminuyó con el aumento del uso de variedades transgénicas de soja resistente a glifosato (Vitta *et al.*, 2004). Sin embargo, en los últimos dos años se reiteraron con elevada frecuencia consultas sobre la presencia de poblaciones de *A. quitensis* que escapaban a tratamientos con glifosato. Si bien, en una primera instancia, se sospechó de factores ajenos a la resistencia como responsable, estudios de “dosis respuesta” realizados sobre biotipos de las provincias de Córdoba y Santa Fe, permitieron concluir que se estaba frente a un nuevo caso de resistencia a glifosato. Es importante considerar que *A. quitensis* ya había sido informada como resistente a herbicidas inhibidores de ALS (imidazolinonas, sulfonilureas y triazolpirimidinas) durante 1996 por Nissensohn y Tuesca (UNR) y que esos biotipos aún se encuentran presentes en los sistemas productivos. Es probable que exista, además, resistencia múltiple, es decir biotipos simultáneamente resistentes a glifosato y a herbicidas inhibidores de ALS (Tuesca y Nissensohn, 2001; Tuesca y Papa, 2013). Esto es aún más significativo, en parte debido a la gran fecundidad y longevidad de sus semillas (Nissensohn y Faccini, 1993, 1994). En Entre Ríos el ingreso de los biotipos resistentes a ALS ya fue reportado a principios de la década pasada, fundamentalmente en las zonas avícolas de la provincia, por la presencia de semillas de esta maleza contaminando el maíz proveniente de la provincia de Córdoba, que se utilizaba en la dieta de alimentación de las aves (De Carli, comunicación personal).

La germinación de las semillas es un evento clave para determinar el éxito de las malezas en un agroecosistema (Cousens y Mortimer, 1995). El momento en que se produce la emergencia de las plántulas de yuyo colorado está relacionado con las precipitaciones y la temperatura del suelo (Baskin y Baskin, 1977, 1987; Chadoeuf-Hannel y Barralis 1982; Weaver y Mc Williams, 1980). Por esta razón, el conocimiento acerca de los requisitos ambientales para la germinación de *A. quitensis* es esencial para poner en práctica una estrategia racional de manejo de la maleza. En particular, la relación entre la tasa de germinación y la temperatura ha demostrado ser útil para predecir el tiempo de germinación de semillas de malezas no durmientes (Benech Arnold *et al.*, 1990). En el caso *A. quitensis*, la tasa de germinación alcanzó un máximo a 37 °C, por lo que esta temperatura se considera como la óptima (To). Por encima de este valor (42 °C) disminuyó hasta cero. La temperatura base (Tb) fue 12,8 °C. (Faccini y Vitta, 2005). Además, Faccini y Nissensohn (1986) concluyeron que el número de plantas reclutadas (cociente entre el número de semillas que germinan y el número total de semillas presente en el banco) fue muy baja y la misma fue únicamente afectada por el uso de herbicidas preemergentes. Las plántulas de *A. quitensis* emergieron en cohorte, siendo la primera la más numerosa y la que más semillas aportó al sistema. El número de éstas disminuyó significativamente cuando se aplicaron herbicidas postemergentes. Sin embargo, la tasa de mortalidad de las plantas sobrevivientes a los tratamientos químicos fue muy baja y las mismas murieron al completar su ciclo.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de herbicidas residuales preemergentes y postemergentes en el control de *A. quitensis* con posible resistencia a inhibidores de la ALS.

Materiales y Métodos

Diseño del experimento

El experimento se realizó en dos localidades del departamento de Paraná (Entre Ríos): a) Crespo y b) Espinillo

a) Crespo (-31.965902° -60.330483°)

El experimento se realizó el 4 de diciembre de 2015 en un lote con infestación natural de *A. quitensis*, con posible resistencia a inhibidores de la ALS. Con el objetivo de explorar esta situación, se evaluaron 9 tratamientos con herbicidas de este mecanismo de acción (Tabla 1) anticipándose al primer flujo de emergencia de la maleza.

Tabla 1. Tratamientos herbicidas y coadyuvantes realizados en el sitio experimental de Crespo.

T	Producto*	Dosis g e.a. o ml p.f. ha ⁻¹
1	Testigo	
2	(Imazapir 17,5 % + imazetapir 52,5%)	143 g
3	(Imazapir 17,5 % + imazetapir 52,5%) + dimetenamida	143 g + 1200 ml
4	(Imazapir 17,5 % + imazetapir 52,5%)	200 g
5	Imazetapir + saflufencil	140 g
6	Imazetapir + saflufencil	200 g
7	Imazapic	700 ml
8	Imazapic	500 ml
9	Glifosato	1300 ml

e.a. o p.f.: gramos de equivalente ácido o producto formulado.

El mismo día de aplicación se pulverizó sobre una parcela adyacente con 80 de p.f. ha⁻¹ de clorimuron con la finalidad de evaluar el efecto de postemergencia de este herbicida sobre los individuos de *A. quitensis*.

b) Espinillo (-31.822636° -60.254345°)

La aplicación de los herbicidas residuales preemergentes (Tabla 2) se realizó el 30 de noviembre 2015, en un lote con infestación natural de *A. quitensis*, en preemergencia del cultivo de soja. El primer flujo de emergencia de la maleza fue controlado mediante la aplicación de 2000 ml ha⁻¹ de paraquat y 1000 ml ha⁻¹ de aceite vegetal metilado. Además, en ese mismo sitio experimental, se evaluaron tratamientos de postemergencia del cultivo de soja en una parcela con infestación natural de *A. quitensis* con plantas de 3 a 10 cm de altura (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos herbicidas y coadyuvantes realizados en el sitio experimental de Espinillo.

T	Producto	Momento de aplicación*	Dosis g e.a. o ml p.f. ha ⁻¹
1	Testigo		
2	Clorimuron + flumioxazim	Preemergente	100 + 150 ml
3	Diclosulam + sulfentrazone	Preemergente	33 g + 500 ml
4	Sulfentrazone + metribuzin	Preemergente	1400 ml
5	Sulfentrazone + s-metolacloro	Preemergente	500 ml + 1000 ml
6	Clorimuron + flumioxazim + s-metolacloro	Preemergente	100 g + 150 ml + 1000 ml
7	(Sulfometuron + clorimuron) + sulfentrazone	Preemergente	100 g + 500 ml
8	Flumioxazin + s-metolacloro	Preemergente	150 ml + 1000 ml
9	(Fomesafen + s-metolacloro)	Preemergente	3000 ml
10	S- metolacloro	Preemergente	1500 ml
11	Flumioxazin	Preemergente	150 ml
12	Experimental	Preemergente	2500 ml
13	Sulfentrazone	Preemergente	500 ml
14	Glifosato	Postemergente	1300 ml
15	(Paraquat + diuron)	Postemergente	2500 ml
16	Glifosato + 2,4 D	Postemergente	2000 ml + 800 ml
17	Imazetapir	Postemergente	1000 ml
18	Clorimuon	Postemergente	80 g.p.f.
19	Fomesafen	Postemergente	1300 ml

e.a o ml p.f: gramos de equivalente acido o producto formulado.

*preemergente: previa a la emergencia de la maleza; postemergente: luego de la emergencia de la maleza.

En ambos sitios se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con 3 repeticiones. El tamaño de cada unidad experimental fue de 3 m de ancho por 5 m de longitud. Los tratamientos de herbicidas se expresan en gramos o mililitros por hectárea (g o ml ha⁻¹) de formulación comercial. Los tratamientos se evaluaron a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación (DDA. Para evaluar la eficacia de control se realizó una observación visual utilizando una escala subjetiva que va de 0 a 100% de control de malezas.

Los datos se sometieron a análisis de varianza (Infostat, 2007) para probar los efectos de los herbicidas en el control. Se empleó el test de Fisher de diferencia mínima significativa (LSD) para detectar las diferencias entre las medias de los tratamientos.

Resultados

Crespo

Se compararon tratamientos residuales con imidazolinonas solas, mezcla de dos imidazolinonas, con inhibidores de la PPO (saflufenacil) y cloroacetamidas (dimetenamida) (Tabla 3). Las imidazolinonas expresaron un escaso impacto inicial y pobre actividad biológica en la maleza, inclusive en los tratamientos donde se aplicaron dosis diez veces superiores a las recomendadas por marbete (imazapic).

Tabla 3. Resultados de control en % de los herbicidas residuales aplicados en el sitio experimental de Crespo.

T	Herbicidas	Control %	
		25 DDA	45 DDA
1	Testigo		
2	(Imazapir 17,5 % + imazetarpir 52,5%)	52 bc	30 b
3	(Imazapir 17,5 % + imazetarpir 52,5%) + dimetenamida	70 a	53 a
4	(Imazapir 17,5 % + imazetarpir 52,5%)	52 bc	30 b
5	Imazetarpir + saflufenacil	53 bc	26 bc
6	Imazetarpir + saflufenacil	51 bc	19 d
7	Imazapic	53 bc	23 cd
8	Imazapic	48 c	23 cd
9	Glifosato	52 bc	22 cd

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Un resultado similar se observó en la mezcla de imidazolinonas (imazapir 17,5% + imazetarpir 52,5%). Cuando se aplicó 80 de p.f. ha⁻¹ de clorimuron en postemergencia de la maleza, no se superó el 50% de control. Esto llevó a sospechar la posibilidad de resistencia a esta familia de activos. Sin embargo, cuando a la combinación de imazapir 17,5% + imazetarpir 52,5% se agregó dimetenamida (perteneciente al mecanismo de acción de las cloacetamidas) los resultados de control se incrementaron, aunque no superaron los niveles de supresión (70%) a los 45 DDA. Esto permite vislumbrar que cuando sucede esta situación de sospecha de resistencia a un mecanismo en particular como en este caso a los inhibidores de la ALS (puntualmente imidazolinonas o sulfonilureas) figura 1, combinando este grupo de herbicidas con residuales que sí tengan acción sobre la maleza, ampliaría el espectro de control a *A. quitensis*, además de disminuir la presión de selección sobre otras malezas y retrasar el proceso de aparición de resistencia.





Figura 1 Eficacia en el control de *Amaranthus quitensis* con 700 ml p.f. ha⁻¹ de imazapic Tratamiento 7 . A: 25 DDA. B: 45 DDA.

Espinillo

La evaluación de herbicidas residuales en preemergencia de la maleza mostró que la residualidad fue máxima cuando los tratamientos tenían flumioxazin o sulfentrazone, especialmente cuando estaban combinados con s-metolaclo. Cuando estos mismos activos se aplicaron solos, su control promedio fue de 86, 84 y 81% para 15, 30 y 45 DDA respectivamente, y la media de estos resultados fue un 5% inferior respecto de la mezcla de cualquiera de estos herbicidas (flumioxazin o sulfentrazone) con s-metolaclo (Tabla 4, Figuras 6, 7, 8 y 9). En relación a diclosulam + sulfentrazone (Figura 4) y clorimuron + flumioxazin (figura 3), a pesar de diferenciarse en términos estadísticos, esta diferencia fue apenas del 2% a favor de la primera para las tres evaluaciones realizadas. Por su parte, el activo experimental alcanzó una media de 86, 82 y 81% sucesivamente en las tres instancias de observación (Tabla 4). Finalmente, s-metolaclo tuvo un control promedio de 81, 76 y 65% en cada una de las evaluaciones.

En postemergencia de la maleza se pudo aseverar que al menos los biotipos presentes fueron sensibles a los inhibidores de la ALS evaluados (clorimuron, imazetapir), pero cabe la sospecha de resistencia a glifosato, ya que el control del mismo a los 15 DDA fue solo del 47%, 40% para los 30 DDA y de 35% en la última evaluación (Tabla 4). Los tratamientos más destacados fueron clorimuron y la mezcla comercial de paraquat + diuron, con un promedio de 91%, seguidos ambos por imazetapir y glifosato + 2,4 D (Tabla 4). A diferencia de la localidad de Crespo, en este lote es viable la implantación

de tratamientos con herbicidas perteneciente a los inhibidores de la ALS. Como alternativa para los tratamientos expuestos se evaluó fomesafén, que no se diferenció en términos estadísticos tanto de clorimuron y paraquat + diuron a los 15 DDA, pero mostró un efecto residual respecto de éstos a los 30 y los 45 DDA. Esto hace que se constituya como una alternativa para utilizar en postemergencia del cultivo y de la maleza en los lotes donde los individuos de esta especie son resistentes a inhibidores de la ALS.

Tabla 4. Resultados de control en %, de los herbicidas residuales (preemergentes) y postemergentes sobre *Amaranthus quitensis*, aplicados en el distrito Espinillo.

T	Herbicidas	% control		
		15 DDA	30 DDA	45 DDA
1	Testigo			
2	Clorimuron + flumioxazim	86 c	84 c	81 c
3	Diclosulam + sulfentrazone	88 b	86 b	87 b
4	Sulfentrazone + metribuzin	84 c	81 c	79 c
5	Sulfentrazone + s-metolacloro	90 b	88 b	85 b
6	Clorimuron + flumioxazim + s-metolacloro	95 a	92 a	88 a
7	(Sulfometuron + clorimuron) + sulfentrazone	93 a	90 a	87 a
8	Flumioxazin + s-metolacloro	92 a	90 a	87 a
9	(Fomesafen + s-metolacloro)	88 b	87 b	83 b
10	S- metolacloro	81 d	76 d	65 d
11	Flumioxazin	86 c	83 c	79 c
12	Experimental	86 c	82 c	81 c
13	Sulfentrazone	85 c	81 c	78 c
14	Glifosato	47 e	40 e	35 e
15	(Paraquat + diuron)	91 a	75 d	62 d
16	Glifosato + 2,4 D	85 c	72 d	60 d
17	Imazetapir	85 c	73 d	68 d
18	Clorimuron	91 a	71 d	69 d
19	Fomesafen	90 a	85 c	78 c

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).



Figura 2 Testigo sin control de *Amaranthus quitensis*. A: 15 DDA. B: 45 DDA.



Figura 3. Eficacia en el control de *Amaranthus quitensis* de clorimuron + flumioxazin. A: 15 DDA B: 45 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.



B: 45 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.

A: 15 DDA



Figura 5. Eficacia en el control de *Amaranthus quitensis* de sulfentrazone + metribuzin. Tratamiento 4. A: 15 DDA B: 45 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.



Figura 6. Eficacia en el control de *Amaranthus quitensis* de sulfentrazone + s-metolacloro. Tratamiento 5 A: 15 DDA B: 45 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.



Figura 7. Eficacia en el control de *Amaranthus quitensis* de clorimuron+flumioxazin+ s-metolaclo. Tratamineto 6. A: 15 DDA B: 45 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.



Figura 8. Eficacia en el control de *Amaranthus quitensis* de sulfometuron + clorimuron + s-metolacolor. Tratamiento 67 A: 15 DDA B: 45 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.



Figura 9. Eficacia en el control de *Amaranthus quitensis* de flumioxazin+ s-metolaclo. Tratamiento 8. A: 15 DDA B: 45 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.

Conclusiones

Queda claro que los herbicidas residuales deben ser la base para el manejo de *Amaranthus quitensis* en soja, los cuales son altamente eficaces en su punto más sensible, que es la emergencia. Esto reduce notablemente el número de individuos, para que sean controlados por un eventual tratamiento postemergente, retrasando además el proceso de aparición de resistencia.

Los herbicidas residuales preemergentes se deben aplicar lo más próximo posible a la siembra del cultivo para aprovechar al máximo su residualidad. Flumioxazin y sulfentrazone se destacaron fundamentalmente cuando a cualquiera de ellos se los mezcló con s-metolaclo, observándose un efecto sinérgico de las combinaciones (una mayor eficacia de su efecto combinado, que la acción individual de cada uno de ellos por separado).

En cuanto a la acción de los herbicidas postemergentes, es fundamental que siempre, se realicen los tratamientos químicos con el estado óptimo de desarrollo de las malezas, para maximizar la acción de los herbicidas y los resultados de control sean altamente eficaces.

Es fundamental la implementación de tratamientos con combinaciones de herbicidas residuales, que sean de diferente mecanismo de acción y que tengan eficacia de control sobre la maleza, de manera tal de retrasar el proceso de aparición de resistencia.

Bibliografía

- BASKIN J.M. and C.C. BASKIN 1977. Role of temperatura in the germination Ecology of the Summer Annual Weeds. *Oecologia*, Vol. 30:377-382.
- BASKIN J.M. and C.C. BASKIN 1987. Temperature requirement for after ripening in buried sedes of four summer annual weeds. *Weed Research*, Vol.27:385-389.
- BENECH ARNOLD R.L., GHERSA C.M., SANCHEZ R.A. and P. INSAUSTI 1990. Temperature effects on dormancy release and germination rate in *Sorghum halepense* (L.) Pers. Seeds: a quantitative analysis. *Weed Research* 30:81-89.
- CHADOEUF-HANNEL R. and G.BARRALIS 1982. Comportement germinatif des graies d *Amaranthus retroflexus* L. recoltees dans les conditions naturales. *Weed Research* Vol. 22, p.6
- COUSENS R. and M. MORTIMER 1995. Dynamics of Weed Populations. University Press, Cambridge. 322 p. ISBN 0 521 49649 7.
- De la FUENTE E.B., SUAREZ S.A. y C.M. GHERSA 1995. Comunidades de malezas asociadas al sistema de labranza en el cultivo de soja en la Pampa ondulada. *En: Primer Congreso Nacional de soja. Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos*, Vol. II:123-130. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- FACCINI D. y L. NISSENSOHN 1986. Dinámica de la población de yuyo colorado (*Amaranthus quitensis* H.B.K.) influencia de los tratamientos químicos y mecánicos en un cultivo de soja. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, Brasilisa 29(1):33-42.
- FACCINI D. and J.I. VITTA 2005. Germination characteristics of *Amaranthus quitensis* as affected by seed production date and duration of burial. *European Weed Research Society Weed Research* 45:371-378.
- INFOSTAT 2007. InfoStatversión 2007. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- NISSENSOHN L. y D. FACCINI 1993. Persistencia de semillas de yuyo colorado en un suelo sin remoción. *Turrialba* 43:138-142.
- NISSENSOHN L. y D. FACCINI 1994. Efecto de los sistemas de labranza sobre la persistencia de las semillas en el suelo y emergencia de *Amaranthus quitensis* H.B.K. *RIA (Revista de Investigaciones Agropecuarias de INTA)* 25:135-148.
- TUESCA D. y L. NISSENSOHN 2001. Resistencia de *Amaranthus quitensis* a imazetapir y clorimurón-etil. *Pesq. Agrop. Bras.* 36(4):601-606.
- TUESCA D. y J. PAPA 2013. *Amaranthus palmeri*, una maleza arribada a nuestro país desde el hemisferio norte http://inta.gov.ar/documentos/amaranthus-palmeri-una-maleza-arribada-a-nuestro-pais-desde-el-hemisferio-norte/at_multi_download/file/INTA-Alerta-amaranthus-palmeri.pdf [Verificación: marzo 2016].
- VITTA J., FACCINI D. and L. NISSENSOHN 2000. Control of *Amaranthus quitensis* in Argentina: an alternative to reduce herbicide use. *Crop Protection* 19:511-513.
- VITTA J.I., TUESCA D. and E. PURICELLI 2004. Widespread use of glyphosate tolerant soybean and weed community richness in Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103:621-624.
- WEAVER S.E. and E.L. Mc. WILLIAMS 1980. The biology of Canadian weeds: *Amaranthus retroflexus* L. *A. powellii* s. wats. and *A. hybridus* L. *Canadian Journal of Plant Science*, Vol.6:1215-1234.



