

UNA PUBLICACIÓN DE ASACIM

# MALEZAS



## Editorial

El manejo de malezas es uno de los principales desafíos para los productores argentinos ya que a pesar de los esfuerzos y el desarrollo tecnológico, las malezas mantienen su persistencia, los biotipos resistentes aumentan así como los costos de producción. En este contexto, es importante difundir conocimiento generado en nuestro país para encontrar soluciones eficaces basadas en la evidencia científica.

Les presentamos los contenidos del cuarto número de nuestra revista, donde podrán encontrar artículos de investigación relevantes y una entrevista a un investigador de prestigio internacional como el Dr. Jason Norsworthy. Toda esta información es interesante tanto para productores como para técnicos, investigadores y estudiantes interesados en las cuestiones ligadas a las malezas.

En este número se incluyen trabajos acerca de temas candentes relacionados con el manejo de algunas malezas muy importantes por la superficie que ocupan en la Argentina, como *Amaranthus* sp. y *Conyza sumatrensis* y otra maleza preocupante en el sur de Buenos Aires como *Brassica rapa*. Las dos primeras. En ellos participaron autores tanto del sector público (UBA, UNR, UNLP, INFIVE-CONICET, IFEVA-CONICET, INTA, EEA Chacra Barrow), como del sector privado (AACREA, Corteva, Syngenta).

Cumplimos con la meta que nos propusimos al inicio de la Revista Malezas de la ASACIM de publicar

dos números por año. Esto fue posible gracias a la confianza de los autores que nos enviaron sus trabajos y al apoyo económico de los socios activos y de las empresas patrocinantes (en orden alfabético) Corteva, Sipcarn, SpeedAgro, Sumitomo Chemical, SummitAgro, Syngenta, Tropfen.

Esperamos que la información aquí presentada sea útil para todos los lectores y los invitamos a enviar sus trabajos de investigación, extensión o técnicos, de revisión bibliográfica y/o actualización, notas o comunicaciones breves, notas de opinión, reseñas de libros o tesis y artículos de periodismo científico en el campo de la sistemática, biología, fisiología, dinámica de poblaciones, bioquímica, herbicidas, reguladores de crecimiento, agentes defoliantes, desecantes, biotecnología, tecnología de uso y aplicación, métodos de control y manejo de malezas. Encontrarán las normas de publicación en: <http://www.asacim.org.ar/publicaciones/>

Aprovechamos además para invitarlos al III Congreso Argentino de Malezas – ASACIM a realizarse los días 9 y 10 de junio de 2021.

Cordialmente

**Elba de la Fuente**

Comité Editorial

[revistamalezas.asacim@gmail.com](mailto:revistamalezas.asacim@gmail.com)

## staff

### Comisión Directiva de ASACIM

**Presidente:** Julio Scursoni

**Vicepresidente:** Eduardo Cortés

**Secretario:** Pablo Kalnay

**Prosecretario:** Betina Kruk

**Tesorero:** José María Cichero

**Protesorero:** Elba de la Fuente

**Vocales Titulares:** Luis

Lanfranconi y Daniel Tuesca

**Vocal Suplente:** Juan Carlos Papa

### Comisión Asesora de Cuentas de ASACIM

**Miembros Titulares:** Sebastián Sabaté,

Mario Vigna y María Luz Zapiola

**Miembro Suplente:** Roberto Javier Crespo

### Equipo Editorial

**Coordinador:** Elba de la Fuente

**Comité Editor:** Roberto Javier Crespo,

Patricia Diez de Ulzurum, Diego Ustarroz,

Mario Vigna y María Luz Zapiola

Producción: HA ediciones

Este número se realizó gracias al apoyo recibido por estas empresas



# W C I D I N I

## 4

Respuesta de variedades silvestres de *Brassica rapa* (Brassicaceae) a la aplicación de 2,4-D

## 18

Diseño y evaluación a campo de estrategias de manejo de biotipos resistentes a herbicidas de yuyo colorado (*Amaranthus* sp.) en cultivos de soja (*Glycine max*) en la Argentina

## 36

Entrevista  
Jason Keith Norsworthy

## 48

Evaluación del herbicida byciclopirona para el control de *Amaranthus palmeri* S. Watson, en pre-siembra del cultivo de maíz

## 54

Eficacia de control de diferentes formulaciones de 2,4-D y otros herbicidas auxínicos sobre *Amaranthus hybridus* resistente a glifosato en la Argentina

## 64

Aporte de diferentes herbicidas hormonales al control químico de rama negra (*Conyza sumatrensis*) en un barbecho corto previo a un cultivo estival

## 72

Respuesta a herbicidas con diferentes modos de acción (HRAC) en poblaciones de *Amaranthus hybridus* L. de la Argentina

### Asociación Argentina de Ciencia de las Malezas (ASACIM)

Cátedra de Cultivos Industriales, Oficina 1 ASACIM.

Departamento de Producción Vegetal

Facultad de Agronomía – UBA

Av. San Martín 4453

(C1417DSE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ARGENTINA

# Respuesta de variedades silvestres de *Brassica rapa* (Brassicaceae) a la aplicación de 2,4-D

Carbone, A.V.<sup>1</sup>; Hernández, M.P.<sup>2,3</sup>; Arambarri, A.M.<sup>4</sup>; Yannicari, M.<sup>5</sup>; Gigón, R.<sup>6</sup>; Benavidez, S.<sup>7</sup>; Cadavid, E.<sup>7</sup>

<sup>1</sup>INFIVE-CONICET. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Diagonal 113 y 61. CP: 1900. La Plata. E-mail: [acarbone413@gmail.com](mailto:acarbone413@gmail.com).  
<sup>2</sup>Departamento Ciencias Biológicas, Área Botánica. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. <sup>3</sup>División Plantas Vasculares. Museo de Ciencias Naturales. UNLP. <sup>4</sup>Profesora Titular (jubilada) Morfología Vegetal. FCAyF. UNLP. <sup>5</sup>Investigador Adjunto CONICET. EEA Barrow (Tres Arroyos). <sup>6</sup>Consultor privado. <sup>7</sup>Tesistas de grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Malezas de la ASACIM

Citar como: Carbone et al. (2020) Respuesta de las variedades silvestres de *Brassica rapa* (Brassicaceae) a la aplicación de 2,4-D. Malezas 4, 4-16

## RESUMEN

*Brassica rapa* L. “nabo” es una maleza frecuente en cultivos de invierno y verano del centro sur de la provincia de Buenos Aires. Se hallaron poblaciones ferales de *B. napus* con resistencia a glifosato (RR) y posteriormente se detectaron poblaciones de *B. rapa* con RR y resistencia múltiple a herbicidas inhibidores de AHAS. La respuesta de poblaciones de *B. rapa* provenientes de Azul y Tandil a 2,4-D se evaluó considerando a la colza susceptible (Cs) como material control. Se cultivaron 120 plantas de cada localidad y en el estadio de 3-4 hojas se aplicó 2,4-D éster butílico (emulsión concentrada 97%) según los tratamientos: T1: control (agua); T2: 0,125 l ha<sup>-1</sup>; T3: 0,250 l ha<sup>-1</sup>; T4: dosis recomendada (DR): 0,5 l ha<sup>-1</sup>; T5: 1 l ha<sup>-1</sup> y T6: 2 l ha<sup>-1</sup>. A los 21 días desde la aplicación se evaluaron los síntomas de fitotoxicidad y el porcentaje de supervivencia (% S). Se realizaron observaciones macro y microscópicas de material control y T4. A la dosis recomendada (DR) en el

marbete se registró 100, 50 y 25 % S en Tandil, Azul y Cs, respectivamente. Mientras que T5 y T6 resultaron letales para Cs, manifestando Azul 16 y 8% y Tandil 75 y 33% S, respectivamente. En las yemas apicales y las hojas se observaron malformaciones, como epinastia en T4 de Cs. Los daños más severos se registraron en T4, T5 y T6 de Azul con respecto a Tandil. Los cortes transversales de las láminas mostraron menor espesor de mesófilo en Cs con respecto a Azul y Tandil en T1, manteniendo dicha tendencia en T4 para los respectivos materiales. Tandil mostró menor disminución del espesor del mesófilo foliar, manifestando la menor sensibilidad al 2,4-D.

**Palabras clave:** flujo génico, glifosato, metsulfuron, resistencia,

## SUMMARY

*Brassica rapa* L. “birds rape mustard” is a frequent weed in winter and summer crops in the south central province of Buenos Aires. In 2012, feral populations of *B. napus* were found with resistance



to glyphosate (RR) and later biotypes with RR and multiple resistance to AHAS were detected. The response of turnip biotypes from Azul and Tandil to 2,4-D was evaluated, with the control material being susceptible rapeseed (CS). A total of 120 plants from each locality were cultivated and at the 3-4 leaf stage 2,4-D methyl ester (97% concentrated emulsion) was applied according to treatments: T1: Control (water); T2: 0,125 l ha<sup>-1</sup>; T3: 0,250 l ha<sup>-1</sup>; T4: recommended dose (DR) 0,5 l ha<sup>-1</sup>; T5: 1 l ha<sup>-1</sup> and T6: 2 l ha<sup>-1</sup>. Phytotoxicity symptoms and the survival percentage (%S) at 21 days after application were evaluated, making macro and microscopic observations of the control material and T4. The DR registered 100, 50 and 25%S in Tandil, Azul and Cs, while T5 and T6 were lethal for Cs, showing Azul 16, 8 and Ta 75 and 33% S, respectively. Malformations were observed in the apical buds and leaves with epinastia at T4 from Cs. Damage of greater severity in T4, T5 and T6 of Azul compared to Tandil in the respective treatment. The cross sections of the leaf blades showed less mesophyll thickness in Cs compared to Azul and Tandil in T1, maintaining this trend in T4 for the respective populations. The decrease in leaf mesophyll thickness

was less in the material from Tandil, who showed the least sensitivity to 2,4-D.

**Key words:** gene flow, glyphosate, metsulfuron, resistance.

## INTRODUCCIÓN

La familia *Brassicaceae* presenta especies que han sido cultivadas durante siglos para la alimentación humana, como fuente de aceites comestibles, condimentos y productos hortícolas. Esta familia presenta un cultivo oleaginoso importante, *Brassica napus* L. “colza canola” que posee más de 40% de aceite en sus semillas y entre 36 a 44% de proteína en su residuo de extracción (Iriarte & Valetti, 2008). Varias especies de esta familia son condimenticias, como *B. nigra* L., *B. juncea* L. y *Sinapis alba* L., siendo numerosas las de importancia hortícola, como *B. oleracea* L. Aproximadamente, 130 especies presentan elevado poder invasor, ocasionando interferencia con los cultivos más importantes (e. g. *B. rapa* L., *Diplotaxis tenuifolia* L., *Sinapis arvensis* L.). Algunas de estas malezas forman complejos “maleza-cultivo” como *B. napus* y *B. rapa*, *Raphanus raphanistrum* L. y *R. sativus* L., quienes son capaces de intercambiar genes (incluyendo transgenes)

con las especies cultivadas bajo condiciones naturales (Warwick & Al-Shehbaz, 2006; Warwick *et al.*, 2010).

La forma silvestre de *B. rapa*, de la cual se originaron las variedades de nabo alimenticio y colza tipo polaco, es una maleza altamente invasora en todo el mundo (Gulden *et al.*, 2008). En la Argentina es conocida como nabo silvestre y constituye una maleza común en cultivos de cereales, oleaginosas y hortícolas de la región pampeana (Marzocca, 1994). *B. rapa* y *Lolium* sp. son malezas frecuentes en barbechos y cultivos de invierno del centro sur de la provincia de Buenos Aires, con las primeras emergencias tras las lluvias de fines de verano hacia principios de otoño, pero que se extienden incluso cuando los cultivos de trigo y cebada se encuentran en implantación (Istilar & Yannicari, 2011). Sin embargo, estas malezas son difíciles de manejar en el período de barbecho previo a la siembra de cultivos estivales, principalmente debido a la resistencia a herbicidas (Istilar & Yannicari, 2012; Pandolfo *et al.*, 2015; Pandolfo, 2016).

*B. napus* no se conoce en estado silvestre, pero bajo condiciones especiales suelen producirse escapes de plantas de los cultivos de colza, que forman poblaciones ferales persistentes (Devos *et al.*, 2012). Estas poblaciones pasan a estado salvaje luego de haber sido domesticadas, convirtiéndose en un problema importante por la competencia que genera con el cultivo (Warwick *et al.*, 2008; Devos *et al.*, 2009). En países donde se autoriza el cultivo de colza RR, como Canadá y Estados Unidos, suelen ocurrir poblaciones ferales de *B. napus* genéticamente modificadas (Yoshimura *et al.*, 2006; Schafer *et al.*, 2011). Esto fue también observado en países donde el cultivo de estas variedades no está aprobado, como Japón, Bélgica y Suiza, pero existe un intenso tráfico de granos de colza importados (Saji *et al.*, 2005). En las mismas zonas donde se encontraron poblaciones ferales de *B. napus* transgénica, se comprobó la

presencia de híbridos con la especie silvestre *B. rapa*, y transferencia del transgen de resistencia a glifosato (Yoshimura *et al.*, 2006; Simard *et al.*, 2006; Warwick *et al.*, 2010).

En 2012, se hallaron poblaciones naturalizadas de *B. napus* con resistencia a glifosato en lotes sin registros de cultivo de colza, en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Pandolfo *et al.* (2013) cuantificaron un biotipo con supervivencia a la aplicación de glifosato con dosis de hasta 30 veces la dosis comercial (DL50=27,4 kg e.a. ha<sup>-1</sup>). Durante 2014, se hallaron en la misma región poblaciones de *B. rapa* no controladas con glifosato a la dosis comercial (Pandolfo *et al.*, 2015). Mediante estudios de dosis-respuesta y tests inmunológicos se determinó que este biotipo presentó resistencia a glifosato de origen transgénico, registrando además, resistencia múltiple a herbicidas inhibidores de AHAS, pertenecientes a tres familias químicas distintas. El origen transgénico de la resistencia a glifosato de este biotipo de *B. rapa* y de biotipos de *B. napus* fue comprobado mediante un test inmunológico, que confirmó la expresión de la proteína C4 EPSPS (Pandolfo *et al.*, 2015). Esto sugiere que la resistencia a glifosato podría provenir de cultivos de colza RR realizados de manera informal en el país o de individuos provenientes de semillas de malezas ingresadas como contaminantes de semilla, e implicaría la ocurrencia de flujo génico entre poblaciones de *B. napus* y *B. rapa*. Yannicari & Istilar (2017) informaron que la capacidad de invasión de estos biotipos se ve aumentada por la presencia de resistencia a herbicidas, que le confiere una clara ventaja cuando se intensifica el uso de glifosato en dichos ambientes.

Durante 2016, en el partido de Azul se detectó un biotipo de nabo con resistencia múltiple a glifosato e inhibidores de AHAS (Ciolli *et al.*, 2016a;



Ciulli *et al.*, 2016b) y con posterioridad se observaron en dicha zona controles erráticos en tratamientos realizados con 2,4-D, generando sospechas de la presencia de un biotipo resistente a este herbicida hormonal. Juan *et al.* (2017) confirmaron el primer registro de un biotipo de *B. rapa* resistente a 2,4-D en el partido de Azul con índice de resistencia (IR) de 5. Estos autores confirmaron en el partido de Azul, la presencia de biotipos de esta especie con resistencia múltiple a glifosato y herbicidas inhibidores de ALS, alertando que los mismos podrían cruzarse con el biotipo resistente a 2,4-D denunciado. Posteriormente, Juan *et al.* (2019) confirmaron la presencia de un biotipo de *B. rapa* con resistencia múltiple a glifosato, metsulfuron (AHAS) y 2,4-D constituyendo el primer registro en la Argentina de resistencia a tres mecanismos de acción diferente.

Marchesini *et al.* (2019) estudiaron dos poblaciones de *B. rapa* mediante un ensayo de dosis respuesta. La población proveniente de Azul escapó a los controles de glifosato y sulfonilureas (RSU), mientras que la de Tandil a glifosato, 2,4-D y RSU. Si bien ambas poblaciones escaparon a los controles con glifosato, el porcentaje de supervivencia (%S) fue mayor en la población de Tandil. En tanto, el % S a metsulfuron fue elevado en ambas poblaciones, manifestando el mayor registro Azul con valores de ID50: 12,5 g ha<sup>-1</sup> vs. 8 g ha<sup>-1</sup> Tandil. Ante estos resultados se planteó la necesidad de considerar la sensibilidad de ambas poblaciones a 2,4 D, un herbicida de elevada eficacia para el control de especies crucíferas (CASAFE, 2007).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta a la aplicación de 2,4-D de dos poblaciones de *Brassica rapa* provenientes de Azul y Tandil y analizar la supervivencia y los caracteres morfo-anatómicos foliares en las plantas con síntomas de fitotoxicidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas utilizadas para la realización del ensayo fueron recolectadas de plantas adultas de *B. rapa* L. que escaparon a los controles de glifosato y metsulfuron en el ciclo 2017/2018 en lotes productivos de las localidades de Azul y Tandil, provincia de Buenos Aires. Las silicuas maduras se dejaron secar en condiciones de laboratorio y fueron posteriormente trilladas para la obtención de las semillas.

El ensayo se realizó en el INFIVE-CONICET (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (UNLP) con los materiales que se mencionan a continuación:

1. Colza o canola susceptible (*B. napus*), utilizada como testigo (CS).
2. Nabo (*B. rapa*) proveniente de Azul (Azul).
3. Nabo (*B. rapa*) proveniente de Tandil (Tandil).

Las semillas se sembraron en 120 macetas plásticas de 250 cm<sup>3</sup> de capacidad. Las macetas se rellenaron con tierra negra tamizada, se colocaron en invernadero en condiciones semi-controladas de humedad, temperatura e irradiación y se regaron de manera periódica a demanda, para mantener el suelo a capacidad de campo. Cuando alcanzaron el estado fenológico de roseta con 4-6 hojas, a los 36 días desde la siembra (DDS), se efectuó la aplicación de 2,4-D éster butílico (emulsión concentrada 97%) en diferentes dosis resultando los siguientes tratamientos:

T1: Control (agua); T2: 0,125 l ha<sup>-1</sup>; T3: 0,250 l ha<sup>-1</sup>; T4: dosis recomendada según marbete (DR) 0,5 l ha<sup>-1</sup>; T5: 1 l ha<sup>-1</sup> y T6: 2 l ha<sup>-1</sup>.

Cada tratamiento contó con 20 plantas y las aplicaciones se realizaron con una mochila manual de presión constante Giber EM<sup>1</sup>6, con un caudal de 500 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>. La pastilla que se utilizó fue del



tipo abanico plano, cumpliéndose con las normas correspondientes de seguridad para manipulación y aplicación de fitosanitarios. A los 7, 14 y 21 DDA, se realizaron evaluaciones de síntomas de fitotoxicidad utilizando la escala sugerida por la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974). La misma considera seis rangos porcentuales que se identifican con las denominaciones que se mencionan a continuación: pobre 0 a 40 % de control, regular 41 a 60 %, suficiente 61 a 70 %, bueno 71 a 80 %, muy bueno 81 a 90 % y excelente 91 a 100 %.

A 21 DDA se determinó la supervivencia (S%). Cada tratamiento tuvo 20 repeticiones, considerando cada maceta una repetición.

Al finalizar el ensayo se recolectó material de plántulas y se fijó en solución de formalina-ácido acético-alcohol etílico (D'Ambrogio, 1986). El estudio se realizó con plantas control (T1) y tratadas con DR (T4), dado que las dosis superiores no registraron % S en CS. El aspecto morfológico se registró mediante el uso de una Lupa Arcano ZTX-T 1: 4x. 3948 Zoom y una cámara fotográfica digital Modelo SM-A520F. Para la anatomía se hicieron cortes transversales a mano alzada, en la parte media de la lámina; los cortes elegidos, fueron decolorados

con hipoclorito de sodio (50%), lavados y coloreados con Azul alcian y safranina (Luque *et al.*, 1996). Los datos del análisis y las microfotografías se obtuvieron con un microscopio óptico Nikon E200 LED equipado con cámara de video y software Micrometrics SE Premium. La medición del espesor del mesófilo se realizó con el programa Image J.

Los datos de supervivencia y espesor del mesófilo se analizaron mediante ANOVA y las comparaciones entre medias mediante la prueba de diferencias mínimas significativas de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) mediante el uso del software Statistica 7.0.

Los especímenes vegetales estudiados se depositaron en el herbario de la Facultad de Agronomía, UNLP: *Brassica napus* L., Gigón R., Yannicari, M. Carbone, A.V., Hernández M.P., Arambarri A.M., Benavidez S. y Cadavid E., 1, 2 (LPAG); *Brassica rapa* L., Gigón R., Yannicari, M. Carbone, A.V., Hernández M.P., Arambarri A.M., Benavidez S. y Cadavid E., 3, 4, 5, 6, 7, 8 (LPAG).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de 2,4-D condujo a diferentes respuestas de fitotoxicidad en los materiales evaluados (Cuadros 1, 2 y 3), la mayor sensibilidad se detectó en *B. napus*, con síntomas que se manifes-

**Cuadro 1.** Síntomas de fitotoxicidad en *B. napus* “colza” susceptible a los 7, 14 y 21 DDA de las diferentes dosis de 2,4-D. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas en los valores dentro de cada columna.

Tratamiento	Colza susceptible (CS)		
	7 DDA	14 DDA	21 DDA
T1	5 a	5 a	5 a
T2	10 a	10 a	20 b
T3	10 a	25 b	60 c
T4: DR	25 b	60 c	85 d
T5	40 bc	70 cd	90 d
T6	60 c	95 e	100 d

**Cuadro 2.** Síntomas de fitotoxicidad en *B. rapa* “nabos” de Azul a los 7, 14 y 21 DDA de las diferentes dosis de 2,4-D. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas en los valores dentro de cada columna.

Tratamiento	Azul		
	7 DDA	14 DDA	21 DDA
T1	5 a	5 a	5 a
T2	5 a	5 a	10 a
T3	5 a	10 a	25 b
T4: DR	10 a	30 b	60 c
T5	20 ab	60 c	85 d
T6	30 ab	80 d	95 d

**Cuadro 3.** Síntomas de fitotoxicidad en *B. rapa* “nabos” de Tandil a los 7, 14 y 21 DDA de las diferentes dosis de 2,4-D. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas y las comparaciones son válidas dentro de cada columna.

Tratamiento	Tandil		
	7 DDA	14 DDA	21 DDA
T1	5 a	5 a	5 a
T2	10 a	5 a	5 a
T3	10 a	5 a	10 a
T4: DR	20 ab	10 a	20 b
T5	40 bc	15 a	25 b
T6	60 c	40 bc	66 c

**Cuadro 4.** Supervivencia (% S) de *B. napus* “colza” CS y *B. rapa* “nabos” de Azul y Tandil a 21 DDA de las diferentes dosis de 2,4-D. Letras iguales indican que no hay diferencias dentro de cada columna.

Tratamiento	Supervivencia (%S)		
	CS	Azul	Tandil
T1	100 a	100 a	100 a
T2	100 a	100 a	100 a
T3	100 a	100 a	100 a
T4: DR	25 b	50 b	100 a
T5	0 c	16 c	75 ab
T6	0 c	8 cd	33 c



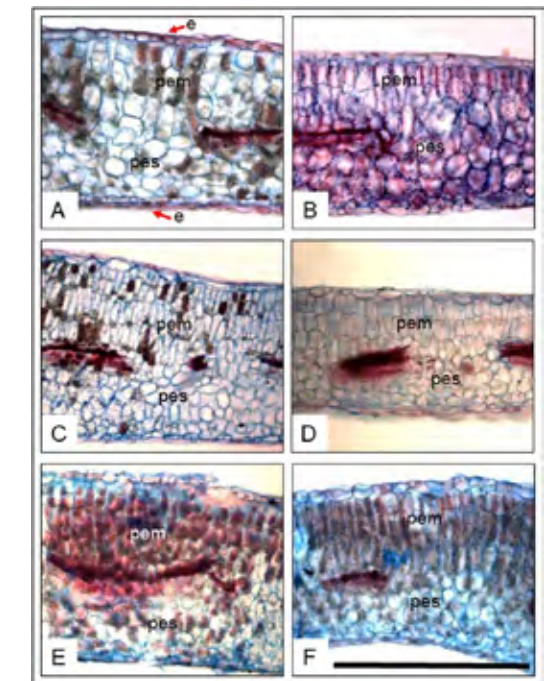
Autores del trabajo

aron a 7 DDA en T4 (DR), T5 y T6 con epinastia incipiente en hojas superiores y albinismo. Los síntomas se fueron acentuando a 14 DDA con epinastia generalizada en la zona apical y necrosis de tejido en láminas foliares, con daños severos en T4, T5 y T6. Se registró muy buen control a 21 DDA en T4, T5 y T6, mientras que las plantas T3 que lograron sobrevivir presentaron severos daños en láminas foliares con epinastia marcada (Cuadro 1, Figura 2).

Los síntomas de fitotoxicidad de Azul mostraron una sensibilidad acentuada con respecto a la de Tandil, ya que ésta última presentó daños leves y una disminución del crecimiento en general con las mayores dosis evaluadas a 21 DDA (Cuadros 2 y 3). Azul registró síntomas de fitotoxicidad leves a los 7 DDA con las mayores dosis de 2,4-D, que se correspondieron con albinismo en algunas plantas y epinastia incipiente en hojas apicales. Se acentuaron dichos síntomas a los 14 DDA en los tratamientos mencionados, ya a los 21 DDA la DR ocasionó daños severos con epinastia y necrosis foliar, controlando el 50% de las plantas. En T5 y T6 se observaron elevados porcentajes de control con severos daños de fitotoxicidad (Cuadros 2 y 4, Figura 3).

Tandil presentó fitotoxicidad leve a la

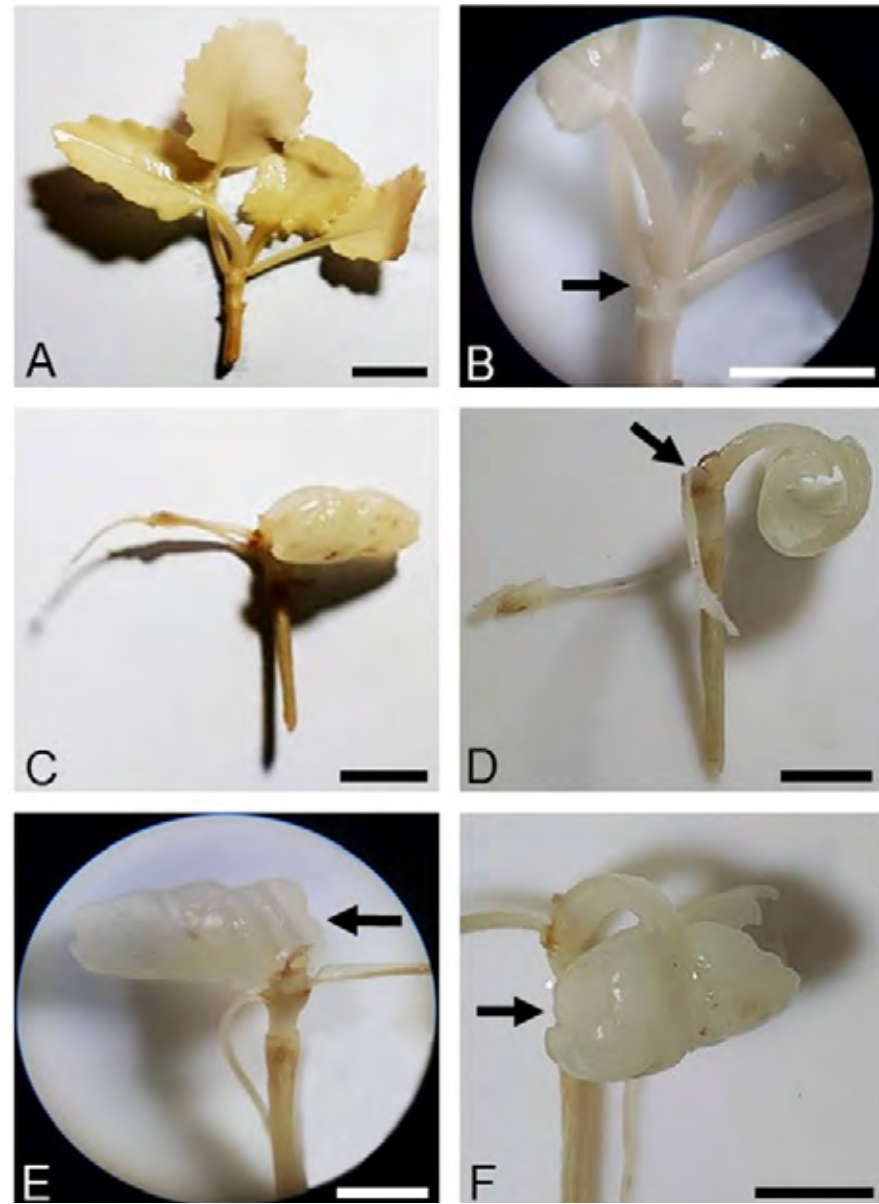
DR (Cuadros 3 y 4). El mayor registro de daño fitotóxico fue observado a los 21 DDA en T6, que se corresponde al cuádruple de la DR, con 65% de efectividad en el control. Los síntomas observados en estas plantas fueron: reducción del



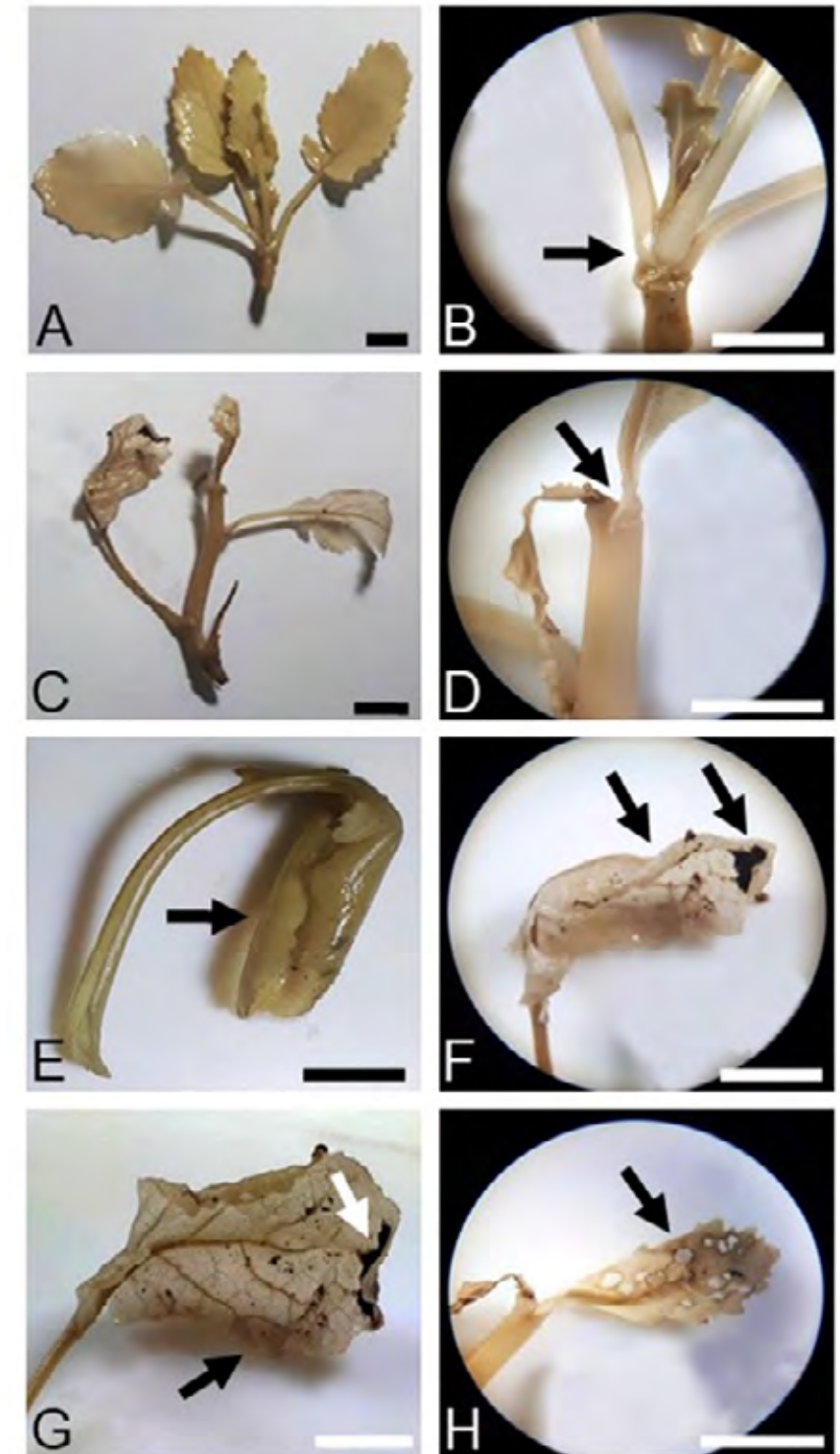
**Figura 1.** Mesófilos foliares comparados. T1: control (izquierda) y T4: DR (derecha). A y B: *Brassica napus* “colza” CS, C y D: *Brassica rapa* “nabo” Azul, E y F: *Brassica rapa* “nabo” Tandil. Códigos: e: estomas; pem: parénquima empalizada; pes: parénquima esponjoso. Escala: 500  $\mu$ m.

crecimiento de la parte aérea, epinastia severa en hojas superiores y cambios en la actividad de la yema apical (Figura 4). Sobre esa población se observó alta supervivencia en T4 y T5 con plantas que acentuaron la coloración morada pero sin síntomas severos de fitotoxicidad que se corresponden con la elevada tasa de sobrevivencia (Cuadros 3 y 4). Estos resultados concuerdan con lo

informado por Juan *et al.* (2019) quienes evaluaron un biotipo de *B. rapa* y observaron niveles de fitotoxicidad moderados con dosis que duplican y cuadruplican aquella recomendada de 2,4-D. Dichos autores indican que la resistencia de estos biotipos podrían atribuirse a mecanismos ubicados fuera del sitio de acción (Busi *et al.*, 2018; Juan *et al.*, 2019), involucrando aumentos del meta-



**Figura 2.** *Brassica napus* "colza" control: A aspecto general de la parte aérea y B zona donde se encuentra la yema apical activa. Plantas sometidas a la dosis recomendada de 2, 4-D éster butílico: C aspecto general de la parte aérea, D vista lateral de una hoja con epinastia severa, E vista posterior de una hoja con epinastia severa y F vista anterior de una hoja con epinastia severa. Escalas: A, B, C, D y F = 1 cm; E = 5 cm.



**Figura 3.** *Brassica napus* "nabo" Azul control: A aspecto general de la parte aérea y B zona donde se encuentra la yema apical activa. Plantas sometidas a la dosis recomendada de 2, 4-D éster butílico: C aspecto general de la parte aérea, D zona donde se encuentra la yema apical atrofiada, E hoja con epinastia lateral (enrullamiento hacia la cara abaxial), F y G hoja con epinastia y sectores de tejido necrosado (manchas oscuras) en vista superficial abaxial y H superficie foliar con epinastia y perforaciones causada por la pérdida de tejido foliar necrosado. Escalas: A, B, C, E, F, G y H = 1 cm; D = 5 mm.

bolismo (Torra *et al.*, 2017) o reducción del transporte del herbicida al sitio de acción (Dang *et al.*, 2018).

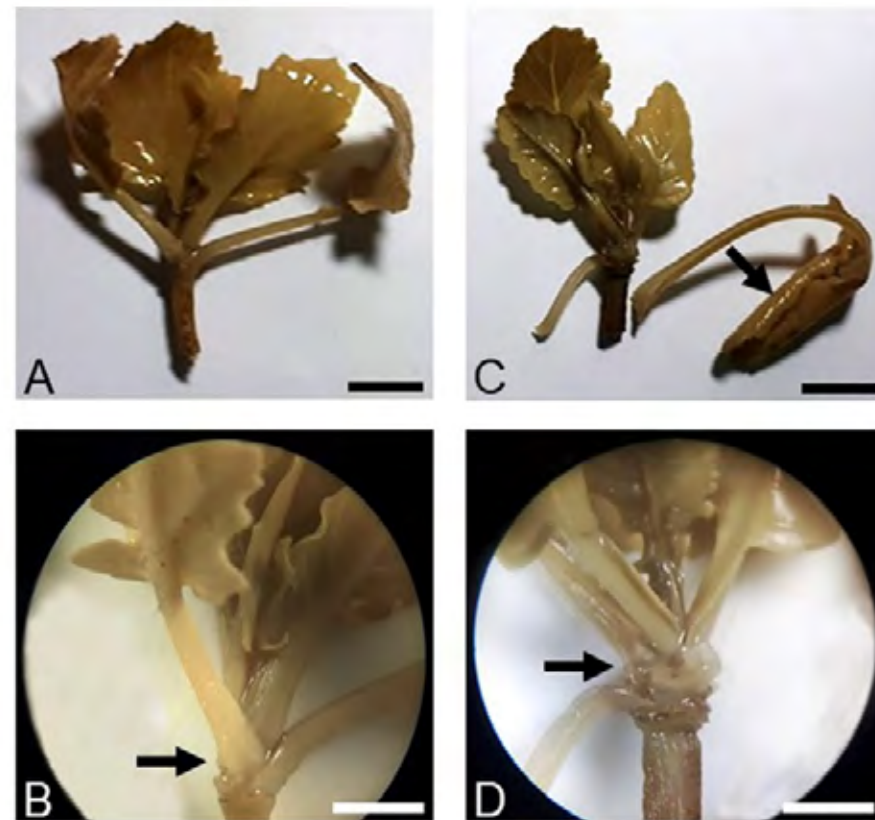
La reducción del crecimiento observada en las plantas de Tandil, tratadas con las dosis más elevadas T5 y T6, coincide con lo informado por Juan *et al.* (2019) quienes registraron 50% de disminución de peso seco en plantas tratadas con

dosis 4X. En la provincia de Buenos Aires se informó la presencia de biotipo de *B. rapa* resistente a glifosato (Pandolfo *et al.*, 2015), glifosato y metsulfuron (Ciolli *et al.*, 2016a; Juan *et al.*, 2017; Marchesini *et al.*, 2019) y glifosato, met-sulfuron y 2,4-D (Juan *et al.*, 2019).

Cobb (1992) informó que la actividad biológica de los herbicidas auxínicos

**Cuadro 5.** Anatomía comparada de las láminas foliares de *B. napus* “colza” CS y *B. rapa* “nabos” de Azul y Tandil. T1= Control y T4= DR. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas dentro de cada columna.

Tratamiento	Espesor del mesófilo (µm)	
	T1: Control	T4: Dosis recomendada
CS	339,2 a	298,20 b
Azul	417,63 b	252,11 a
Tandil	425,53 b	326,35 c



**Figura 4.** *Brassica napus* “nabo” proveniente de la localidad de Tandil. Plantas control: A aspecto general de la parte aérea y B Zona donde se encuentra la yema apical activa. Plantas sometidas a la dosis recomendada de herbicida 2, 4-D éster butílico: C aspecto general de la parte aérea con hojas expandidas en roseta y una hoja desprendida con epinastia lateral (enrulamiento hacia cara abaxial) y D zona donde se encuentra la yema apical activa. Escalas: B y D = 1cm; A y C = 5 mm.

depende de la sensibilidad y el estado fisiológico de la maleza a controlar y las señales de transducción mediadas de manera diferencial. Grossmann (2003) señaló que los efectos son deformaciones de tejidos causados por concentraciones endógenas supraóptimas de auxinas que conducen a un desequilibrio en la homeostasis y en las interacciones con otras hormonas. Estudios sobre *Galium aparine* L. señalan que la desregulación del crecimiento vegetal en respuesta a la aplicación de herbicidas auxínicos se puede dividir en tres fases, siendo la primera una activación de procesos metabólicos que estimulan la biosíntesis de etileno dando inicio a la deformación de los ápices con alargamiento celular, acumulando ácido abscísico (ABA) en dichos tejidos. La fase siguiente incluye inhibición del crecimiento de raíces, brotes apicales, entrenudos y área foliar con una intensificación en la pigmentación foliar. Estas respuestas van acompañadas del cierre estomático y generación de especies reactivas del oxígeno (ROS) que generan estrés oxidativo. La tercera fase es la senescencia y necrosis de tejidos ocasionada por el daño del cloroplasto y las membranas celulares que llevan a la muerte de la planta generando el efecto fitotóxico del herbicida (Grossmann, 2003).

A nivel molecular, los receptores que regulan la expresión génica y la activación rápida de los canales iónicos de las membranas celulares en respuesta al alargamiento celular, son los procesos primarios de la acción herbicida a las elevadas concentraciones endógenas (Kelley & Riechers, 2007). Grossmann (2000) señala que la respuesta fitotóxica en los materiales sensibles es la sobreproducción de ABA en los tejidos apicales, aumentando hasta 70 veces respecto al control (Scheltrup & Grossmann, 1995). Esto fue observado en numerosas especies de diversas familias para herbicidas auxínicos de diferentes clases químicas (Hansen & Grossmann, 2000), mientras que las especies con tolerancia natural no mostraron aumen-

tos en los niveles de etileno ni ABA, lo que sugiere una actividad selectiva, presumiblemente en el sitio del receptor (Grossmann, 2003). Los herbicidas auxínicos estimulan la expresión génica de la biosíntesis de etileno y ABA, quienes se comportan como segundos mensajeros promoviendo los efectos fitotóxicos de división y expansión celular, cierre estomático, generación de ROS y posterior necrosis y muerte de la planta (Grossmann *et al.*, 2001).

En este trabajo no se encontraron las respuestas típicas de fitotoxicidad a la DR para el herbicida en la población de Tandil, y esas respuestas fueron moderadas en T5 y T6, señalando la capacidad de este biotipo a escapar a la acción del herbicida. La anatomía foliar indica que se mantiene el número de capas de parénquima clorofiliano en empalizada pudiendo ser éste uno de los mecanismos de menor sensibilidad al herbicida.

#### Morfología y anatomía de la lámina foliar

La estructura de las láminas foliares de las especies del género *Brassica* estudiadas son bifaciales presentando sus estomas distribución anfistomática. El espesor del mesófilo dorsiventral mostró diferencias estadísticamente significativas en los controles de CS respecto a las poblaciones ferales de nabos procedentes de Azul y Tandil. La DR produjo disminución del espesor de las láminas foliares en los tres materiales estudiados, con diferencias estadísticamente significativas. La mayor disminución se registró en la población procedente de Azul con una reducción de 39,6% del espesor, respecto a su tratamiento control. La CS disminuyó su espesor un 12,1% y la población de Tandil un 23,3%, con respecto a sus controles. Las hojas de las plantas de Tandil presentaron mesófilos más engrosados respecto al resto de los materiales evaluados, y cuando fueron tratadas con la DR presentaron células más alargadas con



respecto a su control (Cuadro 5, Figura 1). La reducción del espesor del mesófilo observada se debe al menor número de capas de parénquima, principalmente del clorofiliano en empalizada, más acentuado en Azul, con células cortas con paredes radiales sinuosas (Cuadro 5, Figura 1).

## Bibliografía

- ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS (ALAM) (1974) Resumen del panel sobre métodos para la evaluación de ensayos en control de malezas en Latinoamérica. Revista de la Asociación Latinoamericana de Malezas. II Congreso de ALAM, Cali, Colombia: 6-12.
- BUSI R, GOGGIN DE, HEAP IM, *et al.* (2018) Weed resistance to synthetic auxin herbicides. *Pest Management Science* 74, 10, 2265-2276.
- CÁMARA DE LA SANIDAD AGROPECUARIA Y FERTILIZANTES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (CASAFA) (2007) En: Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina, Tomo 1: Generalidades - Herbicidas - Fertilizantes. CASAFA, Buenos Aires, Argentina.
- CIOLLI S, DAVID E, NUÑEZ FRE F, SAINT ANDRE HM, FERNÁNDEZ RR & JUAN V (2016b) Resistencia a glifosato en una población de nabo silvestre en el Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. En: Anais do XXX Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 1, p.743, Curitiba, Brasil.
- CIOLLI SA, NUÑEZ FRE F, SAINT ANDRE HM, FERNÁNDEZ RR & JUAN V (2016a) Resistencia de una población de nabo silvestre a herbicidas inhibidores de la Aceto Lactato Sintetasa en el Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. En: Anais do XXX Congresso Brasileiro de Plantas Daninhas, 1, p.749, Curitiba, Brasil.
- COBB AH (1992) Auxin-type herbicides. En: *Herbicides and Plant Physiology* (Ed COBB AH), 82-106. Chapman and Hall, London, UK.
- D'AMBROGIO A (1986) Manual de técnicas en histoquímica vegetal. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.
- DANG HT, MALONE JM, BOUTSALIS P, KRISHNAN M, GILL G & PRESTON C (2018) Reduced translocation in 2,4-D resistant oriental mustard populations (*Sisymbrium orientale* L.) from Australia. *Pest Management Science* 74, 6, 1524-1532.
- DEVOS Y, REHEUL D, DE SCHRIJVER A, CORS F & MOENS W (2009) Management of 183 herbicide-tolerant oilseed rape in Europe: a case study on minimizing vertical gene flow. *Environmental Biosafety Research* 3, 135-148.
- DEVOS Y, DE SCHRIJVER A & REHEUL D (2012) Quantifying the introgressive hybridisation propensity between transgenic oilseed rape and its wild/weedy relatives. *Environmental Monitoring and Assessment* 149, 303-322.
- GROSSMANN K (2000) The mode of action of auxin herbicides: a new ending to a long, drawn out story. *Trends Plant Sci.* 5, 506-508.
- GROSSMANN K, KWIATKOWSKI J & TRESCH S (2001) Auxin herbicides induce H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> overproduction and tissue damage in cleavers (*Galium aparine* L.). *J. Exp. Bot.* 52, 1811-1816.
- GROSSMANN K (2003). Mediation of herbicide effects by hormone interactions. *J. Plant Growth Regul.* 22, 109-122.
- GULDEN R, WARWICK S & THOMAS A (2008) The biology of Canadian weeds. 137. *Brassica napus* L. and *B. rapa* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 88, 951-996.
- HANSEN H & GROSSMANN K (2000) Auxin-induced ethylene triggers abscisic acid biosynthesis and growth inhibition. *Plant Physiol.* 124, 1437-1448.
- IRIARTE L & VALETTI O (2008) Cultivo de colza. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP-INTA. 1ra ed. CABA. 156 pp.
- ISTILART C & YANNICCARI M (2011) Análisis de la evolución de las malezas en cereales de invierno durante 27 años en la zona sur de la pampa húmeda argentina. XX Congreso ALAM. Libro de Actas, pp. 487-495. Viña del Mar, Chile.
- ISTILART C & YANNICCARI M (2012) Análisis de la evolución de malezas en cereales de invierno durante 27 años en la zona sur de la pampa húmeda argentina. *Agrobarrow* (Ediciones INTA) 51, 19-21.
- JUAN V, NUÑEZ FRÉ FR, SAINT-ANDRÉ HM, CIOLLI SA & FERNÁNDEZ RR (2017) Resistencia a 2,4-D en un tipo de nabo

## CONCLUSIONES

El biotipo de *Brassica rapa* de Tandil manifestó menor sensibilidad a la DR de 2,4-D presentando mayor supervivencia y manteniendo el espesor de parénquima clorofiliano en sus láminas foliares. «

(*Brassica rapa*) detectado en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. XIV Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña y XXIII Congreso ALAM y III Congreso Iberoamericano de Malezas, pág. 321-324. La Habana, Cuba.

JUAN V, NUÑEZ FRÉ FR, SAINT-ANDRÉ HM & FERNÁNDEZ RR (2019) Sensibilidad a herbicidas de un biotipo de *Brassica rapa* L. naturalizado en el centro de la provincia de Buenos Aires. *Malezas* 2, 4-15.

KELLEY K & RIECHERS D (2007) Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. *Pestic Biochem Physiol.* 89, 1-11.

LUQUE R, SOUSA HC & KRAUS JE (1996) Métodos de coloración de Roeser (1972) -modificado- e Kropp (1972) visando a substituição do azul de astra por azul de alciano 8 GS ou 8GX. *Staining methods of modified Roeser (1972) and Kropp (1972), aiming at substituting the astra blue by alcian blue 8GS or 8GX.* *Acta Bot. Bras.* 10, 199-212.

MARCHESINI E, PUNTA M, YANNICCARI M & CARBONE A (2019) Respuesta de tres poblaciones de nabos a la aplicación de glifosato y metsulfuron. *Investigación Joven* 6, 2, 35-36.

MARZOCCA A (1994) Guía descriptiva de malezas del Cono Sur. INTA. Buenos Aires, Argentina.

PANDOLFO C, PRESOTTO A, MIGASSO J, MOCK F & CANTAMUTTO M (2013) Identificación de un biotipo feral de *B. napus* con resistencia a glifosato. III JIPCT. 44-45. Cerezos- Conicet, Bahía Blanca, Buenos Aires.

PANDOLFO C, PRESOTTO A & CANTAMUTTO M (2015) Detección de resistencia transgénica a glifosato en poblaciones naturales de *Brassica napus* L. y *B. rapa* L. XXII Congreso de la ALAM. I Congreso de la ASACIM, 625-628. Buenos Aires, Argentina.

PANDOLFO C (2016) Caracterización agroecológica de poblaciones ferales de *Brassicáceas* con resistencia a herbicidas. Tesis Doctoral en Agronomía. UNS, Bahía Blanca, Argentina.

SAJI H, NAKAJIMA N & AONO M. (2005) Monitoring the escape of transgenic oilseed rape around Japanese ports and roadsides. *Environmental Biosafety Research* 4, 4, 217-222.

SCHELTRUP F & GROSSMANN K (1995) Abscisic acid is a causative factor in the mode of action of the auxinic herbicide quinmerac in cleaver (*Galium aparine* L.). *J. Plant Physiol.* 147, 118-126.

SCHAFER M, ROSS A, LONDO J *et al.* (2011) The establishment of genetically engineered canola populations in the U.S. *PLoS One* 6, e25736.

SIMARD M, LEGERE A & WARWICK S (2006) Transgenic *Brassica napus* fields and *Brassica rapa* weeds in Quebec: sympatry and weed-crop in situ hybridization. *Canadian Journal of Botany* 84, 1842-1851.

TORRA J, ROJANO-DELGADO A, REY-CABALLERO J *et al.* (2017) Enhanced 2,4-D metabolism in two resistant *Papaver rhoeas* populations from Spain. *Frontiers in plant science* 8, 1584.

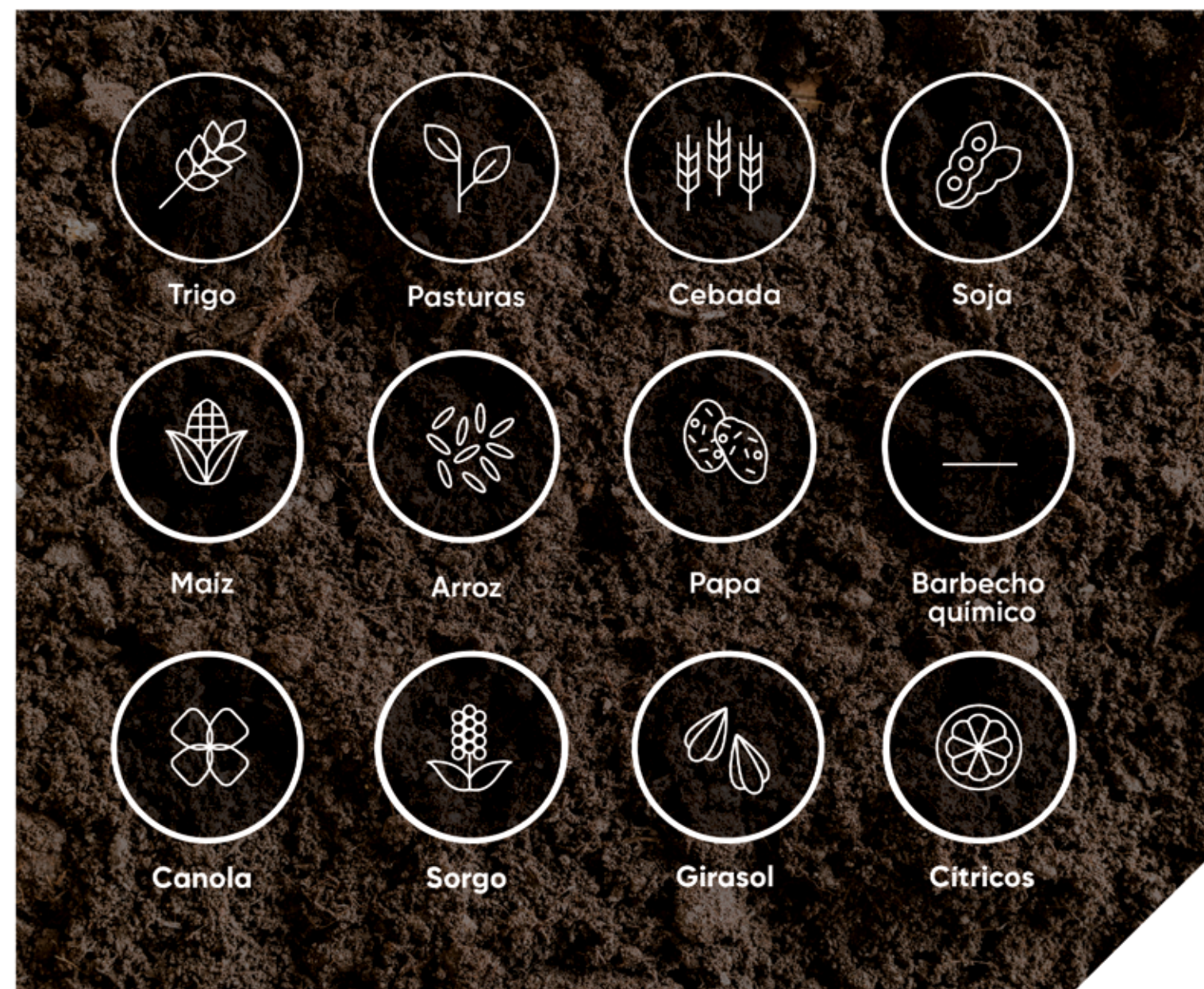
WARWICK S & AL-SHEHBAZ I (2006) *Brassicaceae*: Chromosome number index and database on CD-Rom. *Plant Systematic Evolution* 259, 237-248.

WARWICK S, LÉGÈRE A, SIMARD M & JAMES T (2008) Do escaped transgenes persist in nature? The case of an herbicide resistance transgene in a weedy *Brassica rapa* population. *Molecular Ecology* 17, 5, 1387-1395.

WARWICK S, MUMMENHOFF K, SAUDER C, KOCH M & AL-SHEHBAZ I (2010) Closing the gaps: Phylogenetic relationships in the *Brassicaceae* based on DNA sequence data of nuclear ribosomal ITS region. *Plant Systematic Evolution* 285, 209-232.

YANNICCARI M & ISTILART C (2017) Las malezas se definen: resistencia a múltiples herbicidas. *Agrobarrow* (Ediciones INTA) 59, 16-17.

YOSHIMURA Y, BECKIE H & MATSUO K (2006) Transgenic oilseed rape along transportation routes and port of Vancouver in western Canada. *Environmental Biosafety Research* 5, 67-75.



## Tecnologías para proteger tu cultivo de cualquier amenaza.

Herbicidas

Insecticidas

Fungicidas



**CORTEVA**<sup>™</sup>  
agriscience

Visítanos en [corteva.com.ar](https://corteva.com.ar)

TM ® son marcas registradas de Corteva Agriscience y sus compañías afiliadas. ©2020 Corteva.

## Diseño y evaluación a campo de estrategias de manejo

de biotipos resistentes a herbicidas de yuyo colorado (*Amaranthus sp.*) en cultivos de soja (*Glycine max*) en la Argentina

Satorre, E.H.<sup>1,2</sup>; Bello, J.<sup>2</sup>; Paolini, M.<sup>2</sup>; García Frugoni, F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Cátedra de Cerealicultura, Av. San Martín 4453 (CP: 1417) Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup>Unidad de Investigación y Desarrollo, Área de Agricultura, Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA), Sarmiento 1236 (C1041AAZ), Buenos Aires, Argentina. [satorre@agro.uba.ar](mailto:satorre@agro.uba.ar)

Citar como: Satorre et al. (2020) Diseño y evaluación a campo de estrategias de manejo de biotipos resistentes a herbicidas de yuyo colorado (*Amaranthus sp.*) en cultivos de soja (*glycine max*) en la Argentina. *Malezas* 4, 18-34.



### RESUMEN

El género *Amaranthus* agrupa a un conjunto de especies estrechamente emparentadas y con biotipos resistentes a varios herbicidas, entre ellas las denominadas comúnmente yuyo colorado [*Amaranthus hybridus* L. y *Amaranthus palmerii* (S.) Watson] son las más difundidas, infestando y reduciendo el rendimiento en lotes de soja de la Argentina. El objetivo de este trabajo fue evaluar el proceso de construcción de estrategias eficaces de manejo de yuyo colorado en cultivos de soja a través de un método de aprendizaje con experiencias y participación de productores, asesores e investigadores. Para ello, se establecieron ensayos demostrativos de diferentes combinaciones de herbicidas en campos de productores en cinco regiones de la Argentina durante dos años. Los asesores técnicos de cada región propusieron las estrategias independientemente, antes del cultivo de soja y aplicadas bajo diferentes condiciones de manejo. Las combinaciones de herbicidas se caracterizaron por el uso de diferentes grupos según el Comité de Acción de Resistencia a Herbicidas (HRAC, por sus siglas en inglés) y se calcularon varios índices para describir su uso en cada región. Se midió la frecuencia de área infestada con yuyo colorado en cada combinación de herbicida a los 13, 31 y 56 días después de la aplicación (DDA) y se llevaron a cabo reuniones participativas con los diferentes actores para evaluar las experiencias y aprendizajes en cada ensayo. Las combinaciones de herbicidas propuestas para el control de yuyo colorado difirieron ( $p < 0,10$ ) entre las regiones. Sin embargo, las que incluían herbicidas del grupo de los inhibidores de la enzima PPO fueron los más frecuentes (35,3%). Todas las alternativas de herbicidas redujeron la frecuencia de la maleza en relación al testigo sin control. Sin

embargo, hubo leves pero significativas ( $p < 0,05$ ) diferencias entre estrategias. La frecuencia de yuyo colorado en soja implantada sobre barbecho fue menor que sobre cultivos de cobertura, pero la eficacia de control de las combinaciones resultó semejante entre ambas situaciones. Las reuniones a campo permitieron incorporar otras dimensiones a la búsqueda de soluciones al problema de yuyo colorado contribuyendo a integrar tecnologías de insumos, procesos y conocimiento al control de la maleza.

**Palabras clave:** Manejo integrado de malezas, MIM, *Amaranthus sp.*, herbicidas, cultivos de cobertura, aprendizaje vivencial a campo.

### SUMMARY

The genus *Amaranthus* comprises weed species closely related and with herbicide resistant biotypes. *Amaranthus hybridus* L. and *Amaranthus palmerii* (S.) Watson are widely spread reducing yields of soybean crops in Argentina. The objective of this study was to evaluate the build-up process of weed control strategies using an experiential learning method with producers, consultants and researchers taken part. For this purpose, on-farm demonstrative essays were established in five productive regions during two years. Weed control strategies included various soybean pre-sowing herbicide combinations that were independently proposed by regional groups of local technical consultants. Weed control strategies combined the use of various Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) herbicide groups under several fallow crop managements. Weed frequency at 13, 31 and 56 days after treatment was measured and participative on-farm meetings with the various stakeholders were performed in order to evaluate the weed control strategies and to learn from the essays. Herbicide combinations proposed to control the weed differed ( $p < 0,10$ ) among regions; however, strate-

gies including inhibitors of PPO enzyme herbicides were the most frequent (35.3 %). All herbicide combinations were effective in reducing the weed frequency in relation to control plots without treatment and, there were also slight but significant ( $p < 0,05$ ) differences among weed control strategies. The weed frequency when strategies were applied after a winter fallow period was less than when applied after a winter cover crop; however the efficacy of comparable herbicide weed controls was similar between winter management conditions previous to the sowing of soybean. On-farm meetings allow the discussion of new factors to be considered when designing a weed control plan. Meetings contribute to integrate herbicide technologies as effective parts of a successful weed control strategy.

**Key words:** Integrated weed management, IWM, *Amaranthus* sp, herbicide and cover crops, experiential learning.

## INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de su expansión en los años 70 el cultivo de soja (*Glycine max* L.) ha llegado a representar entre el 50-65% del área sembrada y entre el 40-60% de la producción total de granos en la Argentina durante las últimas dos décadas (Satorre, 2005; MAGyP, 2020). En 1996 se detectaron en el cultivo de soja los primeros biotipos de yuyo colorado (*Amaranthus hybridus* L.) resistentes a herbicidas del grupo de las imidazolinonas, asociado al amplio uso de imazetapir en soja (Tuesca & Nisenshon, 2001). Imazetapir es un herbicida residual que es usado principalmente en soja para el control de malezas anuales monocotiledóneas y algunas dicotiledóneas de semillas pequeñas. Poco después, en 1997, se liberaron en el mercado las variedades transgénicas de soja resistentes a glifosato y en pocos años el 95 % del área de soja fue sembrada con éstas variedades, lo que permitió

una estrategia de manejo de malezas completamente diferente, basada en el uso post-emergente de glifosato (Satorre, 2001; 2012). Esa estrategia de manejo de malezas consistía en una aplicación de herbicidas a fines del invierno, otra aplicación previamente a la siembra de soja y, otra después de la emergencia del cultivo, generalmente entre V4-V8 (Fehr & Caviness, 1977). El yuyo colorado y muchas otras malezas del cultivo fueron efectivamente controladas con esta estrategia hasta la primera década de este siglo, cuando comenzarían a evidenciarse signos de nuevos problemas de malezas (Papa & Tuesca, 2014). Durante el período 2010-2015 hubo cambios en el momento de control de las malezas previo a la siembra pero, las rotaciones de los cultivos y su manejo simplificado permaneció inalterado favoreciendo la evolución de resistencia en biotipos de algunas especies y nuevas especies dominantes en las comunidades de malezas.

El yuyo colorado es una especie primavera estivo otoñal que vegeta desde la primavera hasta fin del otoño con un período de germinación y establecimiento que se extiende desde la primavera temprana hasta comienzos del verano (Montoya *et al.*, 2015). Es una especie de metabolismo C4 con alta variabilidad genética, altamente competitiva y fecunda. Sus semillas son muy pequeñas (1-1,4 mm diámetro) y pueden dispersarse a grandes distancias en los lotes de soja tanto por la acción de maquinarias como la cosechadora, como naturalmente por la acción de pájaros y las corrientes superficiales de agua (Faccini & Nisensohn, 1994; Vitta & Satorre, 1999). En 2005 ya se alertaba sobre el avance y expansión de los problemas de control de esta especie en cultivos de girasol (Bojanich, 2005) y poco después en soja se confirmó la resistencia a herbicidas en yuyo colorado (REM-AAPRESID, 2017) en el sur de Córdoba. En pocos años, la maleza infestó una amplia proporción de los lotes de soja de las

principales regiones productivas del país y la resistencia a glifosato y herbicidas inhibidores de la aceto-lactato-sintetasa (ALS) ha sido confirmada en *A. palmerii* y *A. hybridus* (SENASA, 2020). Esto era esperable a partir de las evidencias sobre la facilidad para el desarrollo de resistencia en estas malezas (Saari *et al.*, 1994; Manley *et al.*, 1995; Tuesca & Nisensohn, 2001). El porcentaje de lotes con problemas de control de yuyo colorado aumentó de  $6 \pm 5\%$  en 2014 a casi  $25 \pm 14\%$  en 2016 en la región central de la Argentina (comunicación personal, Sistema de Encuesta Agropecuaria CREA, AACREA, 2017).

Desde sus comienzos, los problemas de manejo de yuyo colorado fueron rápidamente difundidos en la Región Pampeana. Algunas acciones tendientes a frenar el avance de la infestación de la maleza y a atenuar sus efectos fueron puestas en marcha por organizaciones públicas (INTA-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- y Universidades) y privadas (empresas proveedoras de agro-insumos y organizaciones de productores



AACREA, AAPRESID, etc.) ya sea de manera independiente o bajo formas colaborativas diversas (Ghersa *et al.*, 1998; Satorre, 2011; Carricart, 2012). La Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA) ha desarrollado en los últimos 60 años una eficiente red de intercambio de experiencias entre los miembros productores y la investigación adaptativa en la búsqueda de soluciones a un amplio espectro de problemas, tales como aquellos derivados de las dificultades de manejo y control de malezas. La red de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (CREA; [www.crea.org.ar](http://www.crea.org.ar)) está organizada en regiones constituidas por varios grupos de entre ocho y diez productores que cooperan mutuamente en el análisis y desarrollo de soluciones bajo la coordinación de un técnico, usualmente ingeniero agrónomo. Los técnicos de cada región CREA se reúnen una vez al mes para intercambiar conocimientos y experiencias. Actualmente CREA está formado por 218 grupos organizados en 19 regiones a lo largo y ancho de la Argentina. Cinco de esas regiones se extienden en el centro del área donde comenzaron a desarrollarse y expandirse rápidamente las poblaciones de yuyo colorado resistente a herbicidas, cuando aún había poca experiencia sobre cómo manejar el problema y la información de control de la maleza era dispersa. Analizar el comportamiento de los distintos grupos de actores en roles semejantes frente a la búsqueda de solución a un problema novedoso reviste gran importancia para entender cómo abordar soluciones efectivas ante la posible aparición de nuevos problemas asociados a malezas resistentes. Por ello, este trabajo está orientado a identificar los aspectos clave de un proceso de desarrollo y transferencia iniciado por AACREA (Plan Nacional de Malezas de AACREA; [www.malezas-crea.org.ar](http://www.malezas-crea.org.ar)) para identificar en condiciones de campo estrategias eficaces de manejo de yuyo colorado en cultivos de soja. Las estrategias eran propuestas



**Figura 1.** Regiones CREA y distribución de los sitios de ensayo que participaron del estudio en cada campaña.

por técnicos experimentados de cinco regiones CREA apoyados en su propia experiencia y el asesoramiento experto local, con la finalidad de lograr el manejo eficaz y residual de la maleza. Los objetivos particulares del trabajo fueron (i) analizar y evaluar el proceso de aprendizaje basado en experiencia (“experiential-learning process”, Kolb & Fry, 1975) para enfrentar el novedoso problema de controlar el avance de yuyo colorado en el cultivo de soja; (ii) identificar las similitudes o diferencias de estrategias de manejo puestas en marcha y los resultados obtenidos por parte de grupos de técnicos experimentados de distintas regiones CREA del área central productiva de la Argentina; y (iii) identificar los principales aprendizajes de la aproximación utilizada como modo de enfrentar coordinadamente un proceso súbito de expansión de una maleza resistente en campos de productores.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en el marco de un proyecto coordinado por AACREA entre los años 2017 y 2019 (Proyecto Malezas – CREA; [www.malezascreea.org.ar](http://www.malezascreea.org.ar)). Cinco regiones CREA fueron seleccionadas para explorar el caso del

yuyo colorado en cultivos de soja; las regiones fueron Centro (Ce), Córdoba Norte (Cn), Litoral Sur (Ls), Sur de Santa Fe (SSFe) y Oeste arenoso (Oa) (Figura 1). Considerando todas las regiones se incluyeron 81 grupos CREA (19, 14, 15, 15 y 18 grupos por región, respectivamente) y la participación directa de un total de 81 asesores técnicos (uno por cada grupo CREA), 5 coordinadores regionales, 3 miembros del equipo técnico del proyecto y al menos 12 investigadores de malezas de AACREA, instituciones públicas (INTA y Universidad Católica de Córdoba) y la industria privada (Bayer Crop Science Argentina, Nufarm Argentina, ADAMA Agricultural Solutions Argentina, Corteva Agriscience y Agrospray).

### Sitios demostrativos y tratamientos

Durante 2017 y 2018 se establecieron ensayos demostrativos sin repeticiones, en lotes de productores destinados a siembra de soja (Figura 1). Los técnicos de cada grupo CREA de cada región eligieron independientemente los tratamientos probados en cada ensayo sobre la base de su propia experiencia previa y la información compartida con investigadores y especialistas de las ins-

tituciones públicas e industria, por ellos consultadas. Los tratamientos incluyeron la combinación de varias alternativas de manejo de la maleza tomando en cuenta (i) el modo sugerido de manejar cada parcela experimental durante el invierno previo a la siembra de soja, (ii) el modo de manejo previo al principal tratamiento herbicida para reducir el impacto de yuyo colorado en soja, (iii) la combinación de herbicidas elegida como tecnología principal para el control de la especie objetivo antes de la siembra de soja, y (iv) el manejo de la maleza sugerido en post-emergencia del cultivo de soja. Esos elementos combinados definieron las estrategias de manejo y control de la maleza buscando eficacia y residualidad según consta en los informes parciales del proyecto (Proyecto Malezas–CREA, 2020).

Durante 2017 se estableció un ensayo por cada una de las cinco regiones CREA, con la excepción de SSFe en la que se establecieron dos ensayos. Durante 2018 se estableció un ensayo en cada una de las zonas Ce, Cn, Ls y Oa. En todos los ensayos los tratamientos herbicidas se aplicaron sobre parcelas demostrativas rectangulares de

entre 400 y 700 m<sup>2</sup> distribuidas al azar en lotes comerciales manejados con la tecnología convencional de productor (Cuadro 1; Figura 1).

Los tratamientos herbicidas se aplicaron con un equipo pulverizador de 4 m de ancho montado sobre una camioneta, especialmente diseñado para este tipo de ensayos. La mezcla de los herbicidas, la dosis y la presión y volumen de aplicación fue para cada caso la recomendada por los marbetes de los productos. Todas las aplicaciones fueron formuladas con surfactantes y correctores de agua para asegurar una buena calidad de aplicación y acción del tratamiento.

El manejo de herbicidas durante el barbecho y/o la siembra de un cultivo de cobertura o de cosecha durante el invierno (ver (i) arriba) y la combinación de herbicidas con acción desecante antes del tratamiento principal (ver (ii) arriba) varió según las sugerencias de los técnicos en cada zona al diseñar las estrategias de control de yuyo colorado a evaluar. Los herbicidas usados posteriormente (ver (iii) arriba) conformaron un aspecto central del diseño y evaluación

**Cuadro 1.** Región, establecimiento y aspectos del manejo de soja en cada sitio demostrativo durante los dos años de ensayo.

Año	Región	Establecimiento	Variedad de soja	Fecha de siembra	Densidad (pl m <sup>-2</sup> )	Distancia entre hileras (cm)	Cultivo antecesor de verano
2017	SSFe	Sta. Isabel	4612 <sup>(1)</sup>	28/10	35	52	Maíz
		Timbo	40R16 STS <sup>(1)</sup>	12/11	28	42	Soja
	Oa	Don Jesús	40R16 STS <sup>(1)</sup>	14/11	31	42	Maíz
	Ls	Don Ricardo	590 IPRO STS <sup>(2)</sup>	18/11	32	42	Soja
	Cn	Fernando Roggio	4915 STS <sup>(1)</sup>	04/12	30	52	Maíz
	Ce	Melideo	4615 STS <sup>(1)</sup>	19/12	40	38 y 76	Maíz
2018	Oa	La Vía	40R16 STS <sup>(1)</sup>	31/10	31	42	Soja
	Ce	Melideo	4615 STS <sup>(1)</sup>	22/11	40	38	Maíz
	Cn	La Florida	53i53 STS <sup>(1)</sup>	03/12	30	52	Maíz
	Ls	El Progreso		12/12			Soja

<sup>(1)</sup>Semillero Don Mario; <sup>(2)</sup>Semillero Macroseed

**Cuadro 2.** Número de estrategias herbicidas desde la cosecha del cultivo de verano antecesor a soja en cada año de ensayo, evaluado en cada sistema de manejo invernacional (con cultivo de cosecha, de cobertura o barbecho) para cada año experimental.

Año	Sistema de manejo del período invernacional	N° de estrategias herbicidas(1)
2017	Barbecho químico	42
	Con cultivo de cobertura	28
2018	Barbecho químico	20
	Con cultivo de cobertura	6
	Con cultivo de trigo de cosecha	15

<sup>(1)</sup> El testigo demostrativo sin herbicida es incluido como una estrategia en cada sistema de manejo.

**Cuadro 3.** Herbicidas utilizados en el tratamiento principal de pre-siembra para el control de yuyo colorado agrupados según HRAC. Las letras en minúsculas después de la correspondiente al grupo se refieren al ingrediente activo que fue utilizado; se indica debajo de cada uno el nombre del ingrediente activo. Los grupos HRAC usados fueron: G: inhibidores de EPSPS; O: reguladores de crecimiento; K: inhibidores de la síntesis de ácidos grasos de cadena larga; C: inhibidores del fotosistema II; E: inhibidores de la síntesis de clorofila; B: inhibidores de ALS; y F: inhibidores de la síntesis de carotenoides (HRAC, 2020).

G	O	K	C	E	B	F
G	O	K3m	C1,2m	Ef	Bi	F4cl
Glifosato	2,4-D	S-Metoalclor	Metribuzin	Flumioxazin	Imazetapir; Imazapir	Clomazone
	Oh	K3p		Es	Bl	F1
	Halauxifen metil	Piroxasulfone		Sulfentrazone	Clorimuron etil y sulfometuron etil	Diflufenican
		K3a		Efo	Bd	
		Acetoclor		Fomesafen	Diclosulam	
				Esa	Bim	
				Saflufenacil	Imazaquin	
				Ela	Bcl	
				Lactofen	Clorimuron	
					Bfl	
					Flumetsulam	

de la estrategia, ya que fueron identificados como los principales instrumentos para lograr un cultivo de soja sin yuyo colorado. En cada región se propuso un extenso número de alternativas de herbicidas, para ser aplicadas en el período previo a la siembra de soja. En algunos casos, como parte de las alternativas (ver (iv) arriba) se incluyeron herbicidas post-emergentes ampliando el rango de manejos evaluados para la maleza. De este modo, las estrategias de control ensayadas quedaron definidas individualmente por las diferentes combina-

ciones de las alternativas en los puntos (i) a (iv) consideradas por los asesores técnicos de los grupos CREA. Un total de 70 y 41 estrategias de control fueron en total evaluadas en las regiones durante 2017 y 2018, respectivamente (Cuadro 2).

Los tratamientos herbicidas clave, en la aplicación inmediata previa a la siembra de soja, usualmente incluyeron una combinación de ingredientes activos en la misma pulverización. Para su análisis los herbicidas de cada combinación se

nombraron de acuerdo al sitio del modo de acción siguiendo la recomendación del Herbicide Resistance Action Committee (HRAC, 2020). Con la finalidad de reconocer individualmente los ingredientes activos, en este trabajo el grupo de herbicidas de cada ingrediente activo se nombró agregando una abreviatura en minúsculas a cada grupo. Como tratamiento principal previo a la siembra de soja para el control de yuyo colorado, se utilizaron veinte ingredientes activos pertenecientes a siete grupos de herbicidas (Cuadro 3).

Una vez que se establecieron las parcelas demostrativas con las distintas estrategias de cada ensayo, dos tipos de acciones se llevaron a cabo para evaluar los resultados y aprender del proceso instalado: (i) evaluación cuantitativa de la frecuencia de la maleza objetivo en cada parcela, y (ii) evaluación participativa de los tratamientos durante reuniones técnicas a campo.

La evaluación de frecuencia de yuyo colorado se determinó registrando la presencia o ausencia de la maleza en 25 muestras de 0,1 – 0,2 m<sup>2</sup> ubicadas al

azar a lo largo de un recorrido en zigzag de cada parcela. La frecuencia se determinó en tres momentos como la proporción de las muestras con la maleza en relación al total de muestras en cada parcela. En promedio las observaciones se realizaron a los 13, 31 y 56 días después del tratamiento (DDT) principal de pre-siembra.

La evaluación participativa en reuniones de campo se llevó a cabo entre el 15/1 y 20/2 en cada año y sitio experimental. Cada reunión contó con la presencia de entre 50 y 80 asistentes incluyendo asesores técnicos, productores, investigadores del proyecto CREA y expertos de universidades y la industria. Los mismos evaluaron subjetivamente los tratamientos aplicados para el manejo del problema de enmalezamiento de yuyo colorado e interpretaron sus efectos interactuando a viva voz en el campo. En cada reunión se tomó nota de los puntos salientes del intercambio como modo de rescatar el proceso colectivo de aprendizaje en el campo. Estas notas sirvieron tanto para re-diseñar, si fuese necesario, las estrategias que habían sido propuestas por los técnicos duran-



**Cuadro 4.** Valores promedio de presencia relativa (P; ecn.1) de grupos de herbicidas incluidos en los ensayos en cada región CREA en dos años. Los grupos herbicidas corresponden a: G: inhibidores de EPSPS; O: reguladores de crecimiento; K: inhibidores de la síntesis de ácidos grasos de cadena larga; C: inhibidores del fotosistema II; E: inhibidores de la síntesis de clorofila; B: inhibidores de ALS; y F: inhibidores de la síntesis de carotenoides (HRAC, 2020).

Región	Presencia relativa de grupos herbicidas						
	B	C	E	F	G	K	O
Ce	21,3	15,1	39,7	0,0	0,0	21,0	2,9
Ls	18,0	9,0	36,5	1,0	16,5	19,5	0,0
SSFe	17,0	4,0	34,0	4,0	19,0	19,0	2,0
Cn	13,0	4,0	39,0	0,0	16,5	27,5	0,0
Oa	4,5	3,0	27,5	0,0	29,0	7,0	29,0
Promedio	14,8	7,0	35,3	1,0	16,2	18,8	6,8
Significancia (p)	0,074	0,098	0,726	0,043	0,588	0,364	0,001
DMS (p<0.05)	12,3	12,4	29,1	2,2	50,2	26,5	6,3

**Cuadro 5.** Valores medios de Índice de Dominancia (ID) de los grupos de herbicidas en cada región y año. Valores de probabilidad (p) y diferencia mínima significativa (DMS; p<0.05) entre años en el promedio de las regiones.

Región	Índice de dominancia	
	2017	2018
Ce	0,24	0,34
Ls	0,26	0,29
SSFe	0,22	
Cn	0,27	0,35
Oa	0,25	0,26
Promedio	0,25	0,31
Significancia (p)	0,023	
DMS (p<0.05)	0,05	

te el primer año, como para consolidar los resultados al cabo de dos años de la experiencia.

#### Análisis de los datos

La estructura de las estrategias entre zonas fue evaluada a través de varios índices, usados frecuentemente para clasificar la importancia y estructura de la componentes en comunidades vegetales (Whittaker, 1975). A saber:

(i) El índice de importancia de los grupos de herbicidas fue determinado como:

$$P_i = \frac{N^\circ \text{ casos con el grupo } i}{N^\circ \text{ total de casos}}$$

[ecn. 1]

**Cuadro 6.** Índices de similitud (IS; ecn. 3) de ingredientes activos usados en los ensayos de 2018 en distintas regiones CREA, que formaban parte de la estrategia principal de pre-siembra de soja para el control de yuyo colorado.

	Ls	Oa	Cn	Ce
Ls	1			
Oa	0,80	1		
Cn	0,88	0,88	1	
Ce	0,63	0,63	0,71	1

Donde  $P_i$  es la importancia relativa de cada grupo de herbicidas en cada región y año.

(ii) El índice de dominancia de grupos de herbicidas en cada región fue determinado como:

$$ID = \sum (N^\circ \text{ casos } z / N^\circ \text{ total de casos})^2$$

[ecn. 2]

Donde **ID** es el índice de dominancia dentro de los grupos de herbicidas (z= grupo 1 a i de una región).

(iii) El índice de similitud de estrategias herbicidas propuestas por los técnicos entre regiones CREA fue determinado sólo durante el segundo año de ensayos (2018) como:

$$Sla-b = 2 \times NCai / (Nai_a + Nai_b)$$

[ecn. 3]

Donde **Sla-b** es el índice de similitud entre las regiones CREA a y b;  $NCai$  es el número de ingredientes activos evaluados en común en las regiones a y b, y  $Nai_a$  y  $Nai_b$  es el número total de ingredientes activos usados en las regiones CREA a y b, respectivamente.

La frecuencia de yuyo colorado en cada momento de evaluación y los tres índices anteriormente descritos se sometieron a análisis de varianza (ANVA). Las diferencias mínimas significativas (DMS) se usaron para comparar los valores promedio.

Las notas tomadas durante las reuniones de campo se organizaron para resumir los principales aspectos discutidos alrededor de las estrategias de control de yuyo colorado. En este caso, las observaciones se centraron en identificar los factores que conducirían a la elección de una estrategia de control entre las varias estrategias evaluadas en los ensayos y los factores que debieran ser considerados en la confección de un plan exitoso de control de la maleza. Los resultados cuantitativos y cualitativos fueron integrados para discutir el proceso de aprendizaje vivencial (“experiential-learning”).

**Cuadro 7.** Frecuencia de yuyo colorado (%) en tres momentos de evaluación (13, 31 y 56 días después de la aplicación de distintos tratamientos de pre-siembra de soja), promedio de varios sitios y dos años en los que se aplicó esa estrategia. Los tratamientos son combinaciones de ingredientes activos aplicados conjuntamente en mezcla y pertenecientes a varios grupos herbicidas según HRAC (2020). Para referencia de los ingredientes activos considerados en cada grupo, ver el Cuadro 3.

Grupo de herbicidas	Días luego del tratamiento (DDT)			N° repeticiones
	13	31	56	
Testigo sin herbicida	35,2	52,6	77,5	14
E+C1m	30,1	20,4	47,6	20
E+B	33,8	21,1	39,2	6
E+O	40,8	36,6	35,7	5
E+K3+O	31,3	28,0	38,7	22
E+K3	24,2	15,7	24,7	7
E+B+O	44,0	23,0	21,6	27
O	4,5	3,0	27,5	0,0
Significancia (p)	0,56	<0,0001	<0,0001	
DMS (p<0,05)	26,4	17,7	19,2	

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diferencias y similitudes en las estrategias de control de pre-siembra entre regiones

Cuatro grupos de herbicidas (E, K, G y B) sobre un total de siete, participaron en promedio el 85,1 % de las estrategias herbicidas evaluadas para el control de yuyo colorado (Cuadro 4). Estrategias con herbicidas del grupo E fueron las de mayor presencia en todas las regiones. La composición de grupos de herbicidas en las estrategias de pre-siembra difirieron entre regiones; hubo diferencias significativas (p<0,10) entre regiones en la presencia de herbicidas de los grupos B y C. En la región Ce, estos dos grupos de herbicidas alcanzaron el 21,3 y 15,1 % de presencia mientras que en la región Oa sólo alcanzaron el 4,5 y 3 % de participación, respectivamente (Cuadro 4). Diferencias significativas (p<0,05) entre regiones se observaron también en los grupos F y O formando parte de estrategias de baja presencia (Cuadro 4). No resultó llamativo que herbicidas inhibidores de la PPO (Grupo E) fueran mayoritariamente incorporados como herramientas para el control de yuyo colorado, posiblemente

debido a que varios trabajos previos reportaron una alta eficacia de herbicidas del grupo E para el control de yuyo colorado (Cortés, 2015; Girón *et al.*, 2016; Burzaco, 2016). Sin embargo, se pusieron de manifiesto diferencias entre regiones en cuanto a la elección de los grupos B, C y O que generalmente acompañaron el armado de la estrategia principal con herbicidas del grupo E. Esto sugeriría la importancia de diferencias de enmalezamiento locales y la tendencia por parte de los asesores y técnicos de diversificar los mecanismos de acción o de ampliar el rango de control de malezas más allá de la especie objetivo. Los herbicidas del grupo F fueron muy poco utilizados, ya sea solos o en combinación con otros herbicidas, en el control de yuyo colorado (Cuadro 4).

El índice de dominancia de los grupos de herbicidas de pre-siembra difirió significativamente ( $p < 0.05$ ) entre años en el promedio de todas las regiones, sugiriendo una concentración del manejo de la maleza alrededor de menor número de herbicidas, durante el segundo año (Cuadro 5). Esta menor cantidad de grupos de herbicidas utilizados durante el segundo año, seguramente estuvo apoyada en las evidencias empíricas y aprendizajes experimentados durante el primer año de ensayos. Por otra parte, en el promedio de los años, los

índices de dominancia no fueron significativamente diferentes entre regiones ( $p > 0,10$ ) lo que se debería a la mayor presencia del grupo de herbicidas E dentro de las estrategias de control de yuyo colorado en todas las regiones (Cuadro 4 y 5).

Sin embargo, en 2018 se observaron grandes diferencias en el número de ingredientes activos usado en las estrategias de control de pre-siembra de yuyo colorado, particularmente entre las regiones Ls y Ce. La región Ce fue en la que menor número de herbicidas se evaluaron durante 2018 y la que mayor concentración de estrategias experimentó (Cuadro 5). Las mayores similitudes se observaron entre las estrategias diseñadas en las regiones Cn y Ls y Oa, donde los índices de similitud alcanzaron valores entre 0,80 y 0,88 (Cuadro 6).

Las determinaciones de frecuencia de la maleza realizadas periódicamente luego de la aplicación de las estrategias principales de control sugeridas fueron usadas para evaluar la efectividad del control y su residualidad. La infestación de la maleza en las parcelas testigo aumentó a lo largo del período de evaluación (Cuadro 7). A los 13 DDT no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,10$ ) entre tratamientos; Sin embargo, a los 31 DDT, con excepción de la combinación de herbicidas de grupo

E y O en las restantes combinaciones herbicidas evaluadas, la frecuencia de yuyo colorado fue menor en las parcelas tratadas que en el testigo ( $p < 0,001$ ; Cuadro 7). Asimismo, en ese momento se observó diferencia entre tratamientos; La combinación del grupo E (inhibidores de la PPO) con un herbicida residual (K3) ofreció mejor control a los 31 DDT que el grupo E combinado con un herbicida hormonal (O; Cuadro 8). A los 56 DDT, todas las estrategias mantuvieron menores niveles de infestación de yuyo colorado que los testigos sin herbicida ( $p < 0,001$ ). Sin embargo, también se observaron diferencias significativas entre algunas estrategias herbicidas. Las combinaciones más efectivas a los 56 DDT fueron las de grupos E y K3 (inhibidores de la PPO en mezcla con inhibidores de la síntesis de ácidos grasos de cadena larga) y E con B+O (inhibidores de la PPO en mezclas con inhibidores de la ALS y herbicidas de acción hormonal). Los mayores niveles de infestación se observaron sobre la combinación de herbicidas del grupo E y C1m (inhibidores de la PPO en mezclas con inhibidores del fotosistema II) sugiriendo una menor residualidad o duración del control alcanzado por esta última estrategia (Cuadro 7).

El manejo del lote durante el período invernal (con o sin cultivo de cobertura o cosecha) previo a la aplicación de un tratamiento afectaría la efectividad y residualidad de algunos tratamientos. De hecho, en los ensayos la efectividad de control de un mismo tratamiento difirió ( $p < 0,05$ ) según la presencia o no de cultivo invernal durante el período previo a la siembra del cultivo de soja (Cuadro 8). En general, las parcelas con aplicaciones de tratamientos de pre-siembra luego de un cultivo de cobertura mostraron mayores niveles de infestación que los mismos tratamientos sobre un barbecho químico sin cultivo invernal (Cuadro 8). Es reconocido que la cobertura de los cultivos puede regular la germinación y establecimiento de las malezas (Kruk, 2015). Sin embargo, el mayor volumen

de rastrojo y las condiciones que este genera, una vez eliminada la cobertura, podrían alterar la llegada del herbicida a la solución del suelo, particularmente en condiciones de pocas lluvias o en dosis reducidas. Las estrategias sobre situaciones con cultivo de cobertura, basadas en herbicidas inhibidores de la PPO (grupo E), mantuvieron niveles medios de infestación de la maleza de 50,2 % en tanto que la maleza sobre situaciones con barbecho químico con los mismos herbicidas alcanzó una frecuencia media de 28,1 % a los 56 días de la siembra. Entre las estrategias de uso de herbicidas evaluadas, la combinación de grupos de herbicidas E y K3 logró la mayor efectividad a los 56 días de la aplicación sobre un barbecho sin cultivo invernal (Cuadro 8). Los resultados muestran, por otra parte, que las situaciones con cultivo de cobertura tuvieron altos niveles de infestación temprana (13 días luego de la aplicación) las que no aumentaron marcadamente en las lecturas posteriores. De hecho, una estimación de la eficacia de control poblacional de la maleza utilizando la diferencia de frecuencia entre los 13 y 56 días mostró que el efecto de los mismos tratamientos sobre distintos sistemas no difería significativamente ( $p > 0,05$ ; Figura 2). Sin embargo, este mismo análisis sugiere, diferencias entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). El tratamiento con la combinación de herbicidas del grupo E y B+O, que incluyó la aplicación en pre-siembra de un herbicida hormonal fue el único efectivo en reducir significativamente los niveles iniciales de infestación de la maleza (Figura 2).

#### **Desarrollo de reuniones participativas con productores y profesionales a campo**

Como la maleza es de difícil control una vez que se ha establecido tempranamente en el cultivo de soja, la atención se centró en la eficacia de los tratamientos herbicidas de pre-siembra. No resultó llamativo que, a pesar de la importancia que tienen aspectos de la biología



**Cuadro 8.** Frecuencia de yuyo colorado (%) en tres momentos luego de la aplicación de tratamientos en pre-siembra de soja en dos condiciones de manejo invernal (con cultivo de cobertura o barbecho sin cultivo invernal), promedio de diferentes sitios y años sobre los que los tratamientos. Los tratamientos son combinaciones de ingredientes activos aplicados en mezcla y pertenecientes a varios grupos herbicidas según HRAC (2020). Referencias de los ingredientes activos considerados en Cuadro 3.

Sistema	Tratamiento	Días luego del tratamiento (DDT)			N° repeticiones
		13	31	56	
Con cultivo de cobertura	CONTROL	25,0	46,2	79,3	6
	E+K3	51,0	36,6	46,0	7
	E+C1	35,8	28,3	53,5	4
	E+B	40,3	28,5	51,1	11
Barbecho sin cultivo invernal	CONTROL	42,9	57,5	76,1	8
	E+O	40,8	36,6	35,7	20
	E+K3	6,9	8,4	17,3	20
	E+K3+O	31,3	28,0	38,7	6
	E+C1	22,7	10,0	39,7	3
	E+B	15,8	13,8	27,3	11
	E+B+O	44,0	23,0	21,6	5
DMS (p<0,05)		26,6	20,0	21,6	

de la maleza y su dinámica poblacional en el control de la maleza, una gran parte de la atención fuera puesta en la estrategia de control con herbicidas y en los factores ambientales que podrían afectar su comportamiento, tal como fue registrado por los observadores del Proyecto Malezas CREA (Cuadro 9). La urgente identificación de herramientas simples (tal el caso de la mezcla de herbicidas) para el control de yuyo colorado apareció como un aspecto central de los participantes en las reuniones. Asimismo, en varias de las regiones incluidas en el estudio se prestó atención a la importancia de la habilidad competitiva del cultivo como parte del éxito de la estrategia de control y a la condición previa de enmalezamiento del lote al momento del tratamiento para el control de yuyo colorado (Cuadro 9). Los mencionados, son aspectos de relevancia creciente a considerar en el manejo de malezas problemáticas. En las regiones Ce, SSFe, Ls y Oa, fue señalada recurrentemente la importancia de los factores que permiten cultivos competitivos como una parte integral del control. En las regiones Cn, SSFe, Ls y Oa, por su parte, también se dio mucha importan-

cia al momento y magnitud de la ocurrencia de lluvias como condicionante de los resultados observados, poniendo de relieve en algunos casos (Cn y Ls) el valor de los pronósticos del tiempo (tecnologías de conocimiento) para la construcción de estrategias de manejo integradas (Cuadro 9). En relación con este último aspecto, la importancia del éxito de la estrategia de pre-siembra de soja se puso de relieve en las reiteradas menciones sobre el potencial daño por fitotoxicidad al cultivo con la aplicación de herbicidas post-emergentes.

#### Integrando distintas aproximaciones

Los atributos poblacionales de la maleza que contribuyen a la expansión creciente del área de soja infestada y la aparición de biotipos resistentes a herbicidas han sido reconocidos como parte de un problema complejo (Papa & García, 2020). No ha sido el objetivo de este trabajo evaluar si una alternativa de control herbicida es mejor o peor que otra, sino el de analizar las particularidades de un proceso de aprendizaje y experiencia desarrollado con distintos actores en diferentes regiones frente a un nuevo y complejo problema.

**Cuadro 9.** Objetivos parciales y resumen de los principales aprendizajes alcanzados por los actores en las reuniones participativas a campo en cada región durante 2017 y 2018.

Región	Objetivos y aprendizajes
Ce	<p><b>Objetivos:</b> (i) Evaluar estrategias de control de yuyo colorado y (ii) generar una instancia de aprendizaje con transferencia de conocimientos.</p> <p><b>Aprendizajes en 2017:</b> (i) los cultivos de cobertura ayudan al manejo de la maleza. cuanto mayor es la biomasa acumulada por el cultivo de cobertura durante el invierno mayor es su efecto supresor de la maleza (ii) el cultivo de soja sembrado en surcos angostos es más competitivo; (iii) la combinación de herbicidas de grupo E y B+O fue la más efectiva seguida por las combinaciones del grupo E y B+K3 y, E y K3 solamente.</p> <p><b>Aprendizajes en 2018:</b> (i) las infestaciones de la maleza en primavera fueron bajas cuando se usaron cultivos de cobertura; (ii) los cultivos de cobertura contribuyeron a aumentar la eficacia de los tratamientos; (iii) las combinaciones de herbicidas E y B y E y K3 fueron las más eficaces para reducir las infestaciones de la maleza.</p>
Cn	<p><b>Objetivo:</b> Evaluar la eficacia y residualidad de varias mezclas de herbicidas de pre-siembra en el control de yuyo colorado.</p> <p><b>Aprendizajes en 2017:</b> (i) el efecto herbicida depende de las condiciones ambientales, por ejemplo, lluvias escasas luego de la aplicación de algunos herbicidas pueden influenciar en su resultado; (ii) La probabilidad de ocurrencia de lluvias luego del tratamiento tiene que ser considerada al planificar la aplicación de los herbicidas de pre-siembra/pre-emergencia; (iii) al momento de la siembra no debería haber malezas emergidas previamente; (iv) la aplicación de herbicidas en post-emergencia del cultivo aumenta el riesgo de daño al cultivo por fitotoxicidad.</p> <p><b>Aprendizajes en 2018:</b> (i) todos los tratamientos herbicidas fueron efectivos a los 30 días luego de la aplicación; (ii) la combinación de ingredientes de los grupos E y K3 fue la preferida por los productores y agrónomos; (iii) la interacción con distintos actores produjo discusiones muy útiles.</p>
SSFe	<p><b>Objetivo:</b> Evaluar la eficacia de varias alternativas herbicidas en pre-siembra/pre-emergencia del cultivo de soja, para el control de yuyo colorado.</p> <p><b>Aprendizajes en 2017:</b> (i) buenas condiciones ambientales permitieron el desarrollo de cultivos competitivos y buen control de malezas; (ii) condiciones de buenas lluvias ayudaron a incorporar adecuadamente los herbicidas de pre-siembra/pre-emergencia aplicados al suelo y esto redundó en un buen control de yuyo colorado; (iii) no hubo diferencias apreciables entre combinaciones herbicidas que incorporaban el grupo E con niveles medios de infestación de la maleza; (iv) no debería haber malezas emergidas antes de la aplicación de los herbicidas de pre-siembra/pre-emergencia de soja; (v) los herbicidas post-emergentes del cultivo tienden a producir síntomas de fitotoxicidad y daño al cultivo, si bien resultaron eficaces para controlar la maleza.</p>
Ls	<p><b>Objetivo:</b> Evaluar la eficacia de varias mezclas de herbicidas de pre-siembra/pre-emergencia en el control de yuyo colorado en distintos sistemas de cultivo.</p> <p><b>Aprendizajes en 2017:</b> (i) las escasas lluvias reducen la habilidad competitiva del cultivo de soja; (ii) en condiciones de escasas lluvias todas las combinaciones herbicida se comportan de manera similar; (iii) entre todas las combinaciones, con escasas lluvias, el control más pobre de la maleza se obtuvo con ingredientes activos en combinación de los grupos C1m y K3m; (iv) la aplicación en post-emergencia de soja de herbicidas de rescate para el control de la maleza tendió a producir síntomas de fitotoxicidad y daño al cultivo aunque fueron efectivos para el control de yuyo colorado.</p> <p><b>Aprendizajes en 2018:</b> (i) cuando la cobertura de rastrojo es elevada, las aplicaciones para el control de malezas previo al tratamiento de pre-siembra/pre-emergencia tendieron a fallar; (ii) las combinaciones herbicidas de grupos E y B, E y C1+K3, y E y K3 fueron las más efectivas; (iii) no deberían aplicarse los herbicidas de pre-siembra/pre-emergencia con malezas vivas emergidas en el lote; (iii) las malezas problema necesitan una aproximación de control integrado para reducir los niveles poblacionales y minimizar la competencia de la maleza y las pérdidas económicas del cultivo; (iv) se debe prestar atención a la calidad y condiciones de aplicación; (v) los pronósticos climáticos podrían utilizarse para mejorar el comportamiento de los herbicidas; (vi) el monitoreo de malezas es una parte importante de una estrategia integrada y exitosa y, (vii) tecnologías de manejo y herbicidas de bajo riesgo deberían ser preferentemente elegidas</p>
Oa	<p><b>Objetivo:</b> (i) Promover un espacio de interacción y aprendizaje sobre el manejo de yuyo colorado y, (ii) evaluar la eficacia y persistencia de varias combinaciones herbicida en el control de la maleza.</p> <p><b>Aprendizajes en 2017:</b> (i) la aplicación en el momento adecuado de los herbicidas residuales de pre-siembra/pre-emergencia es crucial para el control efectivo de la maleza; (ii) la ocurrencia de lluvias previas a la aplicación herbicida promueven la emergencia de la maleza y un período posterior sin lluvias impide la incorporación de los herbicidas al suelo y reduce la eficacia del control; (iii) en condiciones de escasas lluvias la habilidad competitiva del cultivo se reduce; (iv) los herbicidas post-emergentes de soja sólo resultaron efectivos para controlar malezas pequeñas (menores a 5 cm de altura).</p> <p><b>Aprendizajes en 2018:</b> (i) la eficacia de los herbicidas de pre-siembra/pre-emergencia es fuertemente dependiente de las lluvias y deberían ser aplicados cerca de la siembra, cuando estas son más probables; (ii) al momento de la aplicación de los herbicidas de pre-siembra/pre-emergencia el nivel de enmalezamiento debería ser bajo y (iii) la combinación de grupos E y G+Oy E y K3 produjeron los mejores controles.</p>



Si bien el problema era semejante resultó claro del análisis que las estrategias puestas en marcha para solucionarlo en las distintas regiones no fueron las mismas. El grupo E de herbicidas estuvo similar y mayoritariamente representado en las estrategias identificadas para el control de yuyo colorado (Cuadro 4). Sin embargo, diferencias significativas ( $p < 0,10$ ) se observaron entre regiones en la participación de varios de los restantes grupos. De hecho, la proporción de estrategias con mezclas de herbicidas de los grupos B, O, C y F variaron entre regiones (Cuadro 4). Entre las regiones se propuso la evaluación de distintas alternativas, posiblemente debido a las distintas condiciones iniciales o percepciones de las características locales y a la experiencia o información previa sobre el problema de enmalezamiento (Cuadro 9).

Es reconocido que la dinámica de emergencia de la maleza puede variar entre regiones y sistemas debido a la influencia que tienen los factores ambientales sobre el control de la dinámica de la maleza (Faccini & Vitta, 2007). Asimismo, es reconocido que los lotes desarrollan distintas estructuras de comunidades de malezas y niveles de enmalezamiento según sus secuencias de cultivo usuales (Andrade *et al.*, 2017; Satorre *et al.*, 2020). Esto habría llevado a los técnicos regionales al diseño de estrategias de yuyo colorado ampliando el espectro de acción de los herbicidas más allá de la necesidad de control planteada por la maleza objetivo. Esta visión amplia de los técnicos en relación a la problemática de enmalezamiento introduce un factor que agrega variabilidad al manejo de yuyo colorado y que sería valioso conservar y alentar, frente a la posibilidad del diseño de enfoques excesivamente simplificados.

Las mayores diferencias entre regiones fueron encontradas entre Ce (Centro y Sur de la provincia de Córdoba, Figura 1) y las restantes regiones, pero particularmente con Ls y Oa (Cuadro 6). No

es sorprendente que las alternativas evaluadas en región Ce y Ls fueran distintas, ya que pertenecen a regiones agro-ecológicas diferentes con sistemas productivos y dinámica de problemas de malezas distintos. Sin embargo, a pesar de las diferencias regionales, en todas ellas el proceso de aprendizaje con experiencia habría resultado efectivo, llevando a reducir el número de alternativas (proceso selectivo) en el segundo año de evaluación (Cuadro 2) y a aumentar la dominancia de algunas alternativas (Cuadro 5) consideradas más exitosas. Este, si bien es un efecto esperado de retro-alimentación positiva en el proceso de aprendizaje con experiencia (Kolb & Fry, 1975) abre una luz de alarma frente a la naturaleza del problema de enmalezamiento. La concentración tecnológica podría derivar en nuevos y más complejos problemas.

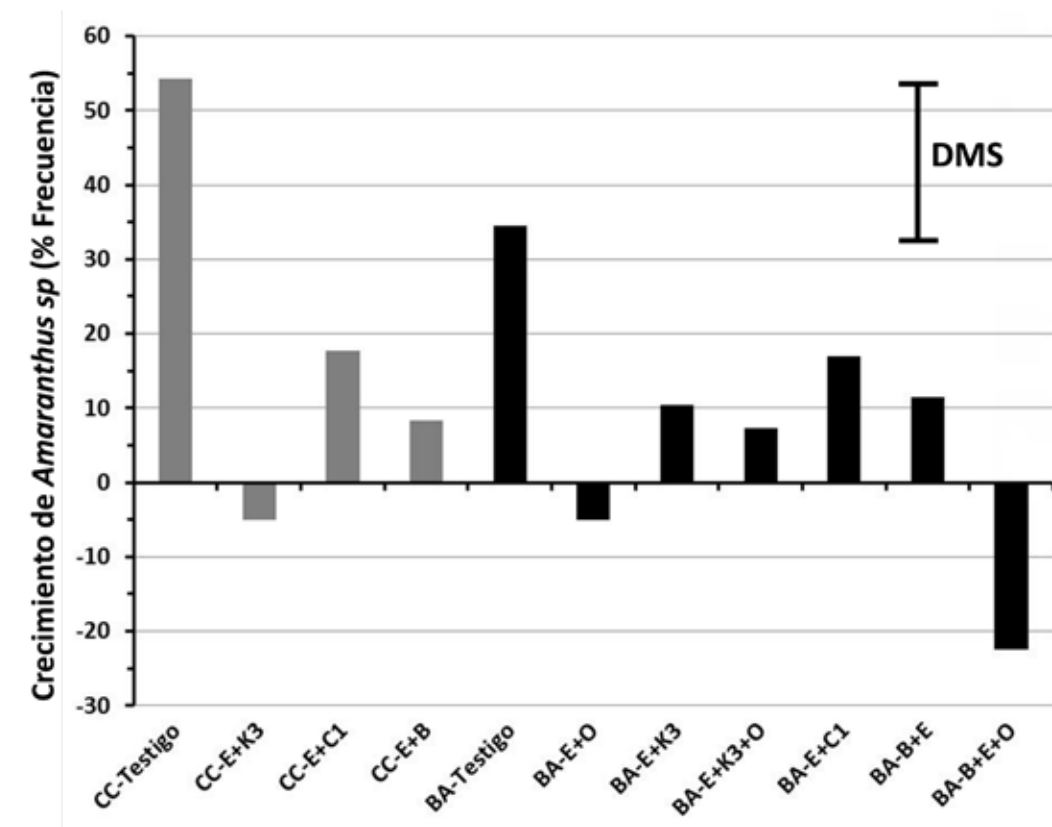
Los profesionales involucrados en el diseño de las estrategias ampliaron las alternativas a evaluar durante el primer año y luego habrían seleccionado aquellas que encontraron más prometedoras o que merecían una segunda chance de evaluación. De hecho, las observaciones de frecuencia de infestación proveyeron determinaciones objetivas que pusieron en evidencia el éxito poblacional de todas las alternativas frente a la inacción (testigo sin control) y diferencias leves pero significativas entre las estrategias

**La importancia de estos aspectos es destacado como parte de un manejo integrado de malezas y fue reconocido por los distintos actores en las reuniones a campo. Asimismo, varios aprendizajes se orientaron a la incorporación de tecnologías de procesos**

de control de yuyo colorado en el conjunto de las regiones (Cuadros 7 y 8; Figura 2).

La interacción entre los diferentes actores a campo resultó destacada como un producto en sí mismo del proceso de aprendizaje en varias zonas (Ej. Cn y Ls; Cuadro 9) y reconocido en todas ellas. Esta etapa del estudio permitió incorporar otras dimensiones al aprendizaje vivencial. Resaltaron aspectos asociados al manejo de los cultivos tales como la influencia positiva de los factores ambientales y de manejo en el aumento de la habilidad competitiva del cultivo de soja (señalado en las reuniones de las zonas Ce, SSFe, Ls y Oa) o

la presencia de los cultivos de cobertura (señalado en las reuniones de Ce y Ls). La importancia de estos aspectos es destacado como parte de un manejo integrado de malezas y fue reconocido por los distintos actores en las reuniones a campo. Asimismo, varios aprendizajes se orientaron a la incorporación de tecnologías de procesos. Así, la interacción entre el efecto herbicida buscado y la condición de aplicación (momento, presencia de malezas y monitoreo, nivel de infestación, ocurrencia de lluvias previas a la aplicación y posibilidad de predecir las lluvias posteriores) aparecen incorporando el valor de las tecnologías de proceso al éxito del control de la maleza (Cuadro 9). Si bien casi todas las



**Figura 2.** Nivel de infestación de yuyo colorado (diferencia del valor de Frecuencia (%) del día 56 y 13) bajo distintos tratamientos herbicidas en escenarios con cultivo de cobertura (barras grises) y con barbecho químico (barras negras). La barra vertical representa la diferencia mínima significativa (DMS;  $p < 0,05$ ) entre los valores medios de crecimiento de la maleza. Los tratamientos son combinaciones de sistemas (CC: con cultivo de cobertura; BA: con barbecho químico) e ingredientes activos aplicados en mezcla y pertenecientes a varios grupos herbicidas según HRAC (2020). Para referencia de los ingredientes activos considerados en cada grupo, ver el Cuadro 3.

regiones buscaron identificar estrategias herbicidas más efectivas para el control de yuyo colorado surge del proceso analizado la conciencia de estar enfrentando un problema complejo y la necesidad de integrar múltiples aspectos para el logro de resultados satisfactorios de control. Así, el ejercicio participativo en condiciones de campo amplió con nuevos elementos el análisis y búsqueda de soluciones al problema de enmalezamiento, construidas desde el inicio con la interacción entre los mismos actores que toman las decisiones. Esto debería conducir, sin dudas, a la aceptación de estrategias más complejas y a un acce-

so más rápido a soluciones efectivas y eficientes, apoyadas en pautas de manejo integrado de malezas y procesos basados en experiencia y transferencia de conocimiento al sector productivo.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los productores y asesores CREA por su participación durante el diseño y ejecución de los ensayos y, a los productores y profesionales CREA, técnicos de Empresas, INTA y Universidades por su apoyo y participación a lo largo del proyecto y en las reuniones de campo. «

#### Bibliografía

ANDRADE JF, SATORRE EH, ERMACORA M POGGIO SL (2017) Weed communities respond to changes in the diversity of crop sequence composition and double cropping. *Weed Research* 57, 148-158.

BOJANICH E (2005) Conclusiones del Taller ASAGIR sobre malezas y nutrición del cultivo. En: *Actas del 3er Congreso Argentino de Girasol*, p. 82-105.

BURZACO L (2016) Claves para el manejo de *Amaranthus* resistente a glifosato. *Cultivar decisiones* 138, 4 p.

CARRICART PE (2012) Cooperativas rurales y territorios en la región pampeana Argentina: Transformaciones sociales, económicas y organizacionales. Editorial La Colmena, Argentina, 417 p.

CORTÉS E (2015) Alternativas de control de *Amaranthus hybridus* L. Kunth "yuyo colorado". Hoja de Información técnica. INTA UEE San Francisco 46, p. 5.

FACCINI DE & NISENSOHN LA (1994) 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* 29 (7), 1041-1050.

FACCINI DE & VITTA J (2007) Efecto de la profundidad de siembra, cobertura de rastrojo y ambiente térmico sobre la germinación y emergencia de *Amaranthus quitensis* K. *Agriscientia* XXIV (1), 19-27.

FEHR WR & CAVINESS CE (1977) Stages of soybean development. *Special Report* 80. Iowa State University, Ames, Iowa.

GHERSA CM, MARTÍNEZ GHERSA MA, LEÓN RJC (1998) Cambios en el paisaje pampeano. Su efecto sobre los sistemas de soporte de vida. En: *Hacia una agricultura más productiva y sostenible en la pampa argentina. Una visión general prospectiva interdisciplinaria* (Ed. SOLBRIG O). Editorial CPIA, Argentina.

GIRÓN P, MIRANDA W, MACCHIARELLO A, BARRACO, M (2016) Interacción de cultivos de cobertura y herbicidas para el control de *Amaranthus hybridus* en soja. *Jornada de Extensión INTA*.

HRAC (2020) HRAC Mode of action classification 2020. *Herbicide Resistance Action Committee*. <https://hracglobal.com/tools/hrac-mode-of-action-classification-2020-map>

KOLB DA & FRYR E (1975) Toward an applied theory of experiential learning. En: *Theories of Group Process* (Ed. COOPER C), John Wiley London, UK. 78p.

KRUK BC (2015) Disminución de la emergencia de malezas en diferentes escenarios agrícolas bajo siembra directa. *Revista Agronomía & Ambiente* 35(2), 179-190.

MANLEY BS, WILSON HP, HINES TE (1995) An altered acetolactate synthase is the basis for imidazolinone resistance in smooth pigweed (*Amaranthus hybridus* L.). *Abstracts Weed Science Society of America* 35, 191.

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA, Presidencia de la Nación (2020) <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/>

MONTOYA JC, GARAY JA, CERVellini JM (2015) *Amarantáceas en la región central Argentina: La Pampa y San Luis*. Boletín de divulgación Técnica N°113. Ed. INTA, colección

divulgación.

PAPA JC & TUESCA D (2014) Los problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo argentina: origen y alternativas de manejo. INTA, EEA Oliveros, Serie: Para mejorar la producción N° 52: 151-165.

PAPA JC & GARCÍA AV (2020) Reflexionando sobre las malezas: ¿En qué estamos fallando que no podemos resolver los problemas y cada vez tenemos más? *Malezas* 3, 12-23.

PROYECTO MALEZAS -CREA (2020). Biblioteca digital. <http://malezascrea.org.ar/biblioteca-digital/>

REM, AAPRESID (2017) Alerta roja: *Amaranthus hybridus* ex *quitensis* (Yuyo colorado/Ataco). disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/rem/alerta-roja-amaranthus-hybridus-ex-quitensis-yuyo-coloradoataco-2/>. Último acceso: 29 de octubre 2020

SAARI LL, COTTERMAN JC, THILL DC (1994). Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. En: (Powles & Holtum, eds). *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, p. 83-140.

SATORRE EH (2001). Production Systems in the Argentine Pampas and their Ecological Impact. En: *Globalization and the Rural Environment* (Eds. SOLBRIG O ET AL.). Cambridge, MA: Harvard University Press, pg 81-102.

SATORRE EH (2005) Cambios Tecnológicos en la Agricultura Actual. *Ciencia Hoy* 15 (87), 24-31.

SATORRE EH (2009) Producción de Soja. (SATORRE EH compilador) AACREA, Argentina 135 p.

SATORRE EH (2012) Recent changes in Pampas agriculture: possible new avenues to cope global change challenges. En: *Crop stress management & climate change* (Eds. SLÁFER GA & ARAUS JL), CABI Climate Change Series N°2: 47-57; CABI publishing, 210 p.

SATORRE EH (2015) Los sistemas de producción agrícola y el problema de las malezas: oportunidades y limitaciones para su manejo integrado. *Actas del XXII Congreso Latinoamericano de Malezas (ALAM) y I Congreso Argentino de Malezas (ASACIM)*, 20-22. Buenos Aires, Argentina.

SATORRE EH, DE LA FUENTE EB, MAS MT, SUÁREZ SA, KRUK BC, GUGLIELMINI AC, VERDÚ AMC (2020) Crop rotation effects on weed communities of soybean (*Glycine max* L. Merr.) agricultural fields of the Flat Inland Pampa. *Crop Protection* (<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105068>).

SENASA (2020) Casos confirmados de malezas resistentes. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/senasa/programas-sanitarios/cadenavegetal/aromaticas/aromaticas-produccion-primaria/plagas/malezas-resistentes/casos-confirmados-de-malezas-resistentes-en-argentina>. Último acceso: 1 de octubre de 2020.

TUESCA D & NISENSOHN L (2001) Resistencia de *Amaranthus quitensis* a imazetapir y clorimurón-etil. *Pesquisa agropecuaria brasileira* 36, 601-606.

VITTA JI & SATORRE EH (1999) Validation of a weed-crop competition model. *Weed Research* 39, 259-269.

WHITTAKER RH (1975) *Communities and ecosystems*. Macmillan publishers, 2nd edition, California, USA.

# La historia se repite.

Calidad italiana que llegó para mejorar nuestros cultivos.



CALIDAD EUROPEA

[www.sipcam.com.ar](http://www.sipcam.com.ar)

Redes sociales:   



**SIPCAM**  
ARGENTINA

Cultivamos crecimiento



**Jason Keith Norsworthy**  
 (DREX)-Director Experiment Station  
 Crop, Soil and Environmental Sciences  
 jnorswor@uark.edu  
 University of Arkansas

**Entrevistador:** Julio Scursoni  
**Traducción:** Sebastián Sabaté

### CONCEPTOS GENERALES

En la Argentina, a pesar de que se enfatiza el manejo sustentable de los recursos durante la formación del profesional universitario, observamos que el problema de malezas en los cultivos está principalmente focalizado en el control, esencialmente en la aplicación de herbicidas, en contraste con la idea del manejo integrado (integración de prácticas químicas y no químicas). ¿Cuál es la situación en los Estados Unidos y cuáles son las principales causas que lo explican?

El manejo de malezas en los Estados Unidos continúa siendo altamente dependiente de los herbicidas. Hay algunos productores que se han involucrado fuertemente en el uso de estrategias de manejo integradas, pero otros no. La utilización de cultivos de cobertura está aumentando, aunque en la mayoría de las regiones de EE.UU. todavía no es una práctica común. La resistencia a herbicidas va a continuar evolucionando a una velocidad alarmante, ya sea hasta que agotemos las opciones de herbicidas efectivos, o hasta que los productores reconozcan el valor y la necesidad de integrar otras estrategias de manejo de malezas en los sistemas de producción. Los bajos precios de los "commodities" desafían la habilidad de los productores para probar formas alternativas de control de malezas.

**¿Quién toma la decisión respecto de cuál herbicida debe ser aplicado y como debe usarse (dosis, momento de aplicación, etc.)? ¿Los productores, los asesores o los vendedores de insumos?**

Esto difiere de acuerdo a las explotaciones y regiones en los EE.UU. En ciertas áreas, los servicios de Extensión juegan un rol muy importante en la recomen-

### "GENERAL CONCEPTS"

"In Argentina, despite the fact that the sustainable management of resources is emphasized in university professional training, we observe that weed problem in crops is mainly focused in control, essentially the application of herbicides, in contrast with the idea of integrated management (integration of chemical and non chemical practices). How is the situation in the United States and what are the main causes explaining it?"

"Weed management in the U.S. continues to be highly dependent on herbicides. There are some growers that have highly embraced the use of integrated weed management strategies whereas others do not. Cover crop use in soybean is increasing although it is still not a common practice in most regions of the U.S. Herbicide resistance will continue to evolve at an alarming rate until we exhaust our effective herbicide options or growers realize the value and need for integrating other weed management strategies into their current production systems. Low commodity prices challenge the ability of growers to try alternative means of weed control."

**"Who takes the decision regarding which herbicide should be applied and how to use it (rate, application timing, etc.)? Farmers, consultants or commercial advisors?"**

"This differs by farm and region of the U.S. In some areas, the Extension service plays a major role in recommending herbicides for control of specific weeds on a farm. Consultants are heavily relied upon in some areas."

**"Is there any mechanism available to control and monitor herbicide use? or each farmer chooses what**

dación de herbicidas para el control de malezas específicas. En otras, se apoyan fuertemente en los asesores.

**¿Existe algún mecanismo disponible para controlar y monitorear el uso de herbicidas? ¿O cada productor elige lo que considera la opción más conveniente? Por ejemplo, ¿hay algún programa para supervisar la aplicación continua de herbicidas con el mismo sitio de acción?**

No estoy al tanto de que exista un “programa” que monitoree o reporte el uso continuo de un mismo sitio de acción.

**Asumiendo que la definición de modo de acción herbicida (Duke & Dayan 2011) no incluye explícitamente al sitio de acción (mecanismo bioquímico y fisiológico por el cual una fitotoxina ejerce su actividad biológica), ¿Sería más correcto clasificar a los herbicidas por el sitio de acción? ¿o expresarlo directamente en el modo de acción?**

Sí, los herbicidas se deberían clasificar por sitio de acción en vez de por modo de acción. La mayoría de los marbetes en los EE.UU. incluyen ahora el número correspondiente al sitio de acción del herbicida. Esto intenta ayudar a formar a los productores al respecto. Sin embargo, el sitio de acción de un herbicida no aporta nada a la mitigación del riesgo de resistencia metabólica.

#### PRÁCTICAS DE MANEJO

**¿Cuán posible es disponer de herbicidas con nuevos sitios de acción en los próximos años?**

Basado en reportes recientes, habrá un nuevo herbicida de FMC para soja y otro para arroz en los próximos 4 a 6 años. Ambos se consideran un nuevo y particular sitio de acción. Con los nuevos activos, *Amaranthus palmeri* y *A. tuberculatus* serían las malezas foco en soja, mientras que en arroz se cree que se apuntará a *Echinochloa crus-galli*. Estas

## Los herbicidas se deberían clasificar por sitio de acción en vez de por modo de acción.

**he considers the most convenient option? For example, is there a program to supervise the continuous application of herbicides with the same site of action?”**

“I am not aware of a “program” that monitors or reports the continuous use of the same site of action.”

**“Assuming that the definition of herbicide mode of action (Duke & Dayan 2011) does not explicitly include the site of action (The biochemical and physiological mechanism by which a phytotoxin exerts its biological activity), wouldn't it be more correct to classify herbicides by site of action? or express it directly in the mode of action?”**

Yes, herbicides should be classified by site of action rather than mode of action. Most herbicide labels in the U.S. now include the herbicide site of action number on the label. This is an attempt to help educate growers. The herbicide site of action does nothing to mitigate the risk for metabolic resistance.

#### “MANAGEMENT PRACTICES”

**“How likely is to get herbicides with new sites of action available in the coming years?”**



son las malezas más problemáticas a nivel global, principalmente debido a la resistencia a un amplio rango de sitios de acción.

**¿Estás pensando en cinmethylin (BASF) e isoflex (FMC)?**

No estoy familiarizado con los nuevos activos de BASF.

**¿Cuál es su opinión respecto de las tecnologías transgénicas que incluyen resistencia a herbicidas auxínicos tales como 2,4-D y dicamba?**

Estas son herramientas de corto plazo que ayudan a enfrentar nuestros problemas actuales de resistencia en *Amaranthus palmeri* y *A. tuberculatus*, pero no parece que se puedan mantener efectivas por un largo periodo, basado en la incipiente ocurrencia de resistencia y al hecho de que estudios realizados por mi equipo demuestran que la resistencia puede desarrollarse en tan solo tres años. Ya se observan fallas frecuentes de dicamba en el control de *A. palmeri* en ciertas zonas de los EE.UU. Sería esperable que malezas resistentes a dicamba también presenten resistencia a 2,4-D, y viceversa, de acuerdo con la población resistente a dicamba / 2,4-D encontrada en Kansas el año pasado.

**¿Qué piensa de los nuevos siste-**

“Based on recent reports in the popular press, FMC will be a new herbicide in soybean and a new one in rice in the next 4 to 6 years. Both of these herbicides are believed to be new and unique sites of action. In soybean, Palmer amaranth and waterhemp are hopefully target weeds, whereas in rice, barnyardgrass is believed to be targeted with the new chemistry. These weeds are some of the most troublesome in crops globally, largely in part to resistance to a wide array of herbicide sites of action.”

**Are you thinking on cinmethylin (BASF) and isoflex (FMC)?**

I am not familiar with any new chemistry from BASF.

**What is your opinion regarding the transgenic technologies that include resistance to auxinic herbicides such as 24D and Dicamba?**

“These are short-term tools that help address our current herbicide resistance issues in Palmer amaranth and waterhemp, but are not likely to remain effective for a long period based on the beginning occurrences of resistance and fact that research from my program demonstrated that resistance could evolve in a short as three years. Frequent failure of dicamba on Palmer amaranth is already being observed in some parts

**mas robóticos para el control de malezas? ¿Pueden reemplazar a la tecnología de herbicidas tradicional?**

No he realizado investigaciones en esta área, pero considero que es fuertemente prometedora, más aún en cultivos intensivos de alto valor. Puedo ver el uso de robótica para arrancar malezas emergidas, pero todavía necesitaríamos de un herbicida residual para minimizar la densidad de las cohortes subsiguientes. Por ende, diría que “parcialmente” podrían reemplazar la tecnología existente de herbicidas o que podrían “suplementar” la tecnología tradicional de herbicidas.

**Es nuestro país, el 98% de los cultivos extensivos se realizan bajo sistemas sin labranza, lo cual implica la aplicación de herbicidas durante el barbecho. A fin de reducir la cantidad de herbicidas aplicados, ha crecido el interés por los cultivos de cobertura en los últimos años. ¿Cuál es su opinión respecto de las ventajas y desventajas de los cultivos de cobertura?**

Considero que los cultivos de cobertura (CC) están siendo subutilizados actualmente en la producción de soja y algodón en EE.UU. Mientras se continúe enfatizando en la “sustentabilidad” y la conservación de suelos, es posible que haya una mayor adopción de los CC en los próximos años. Hay muchas ventajas

of the U.S. I would expect it likely that weeds resistant to dicamba would also have resistance to 2,4-D based and vice versa based on the dicamba/2,4-D-resistant Palmer amaranth population found in Kansas last year.”

**“What do you think about the new robotic weed control systems? Can they replace traditional herbicide technology?”**

“I have not conducted research in this area, but I do believe it is extremely promising, especially in high value vegetable crops. I could see use of robotics to remove emerged weeds, but a residual herbicide may still be needed to minimize the density of later emerging cohorts. Therefore, I would say “partially” in replacing traditional herbicide technology or it would “supplement” traditional herbicide technology.”

**“In our country, 98% of extensive crops are carried out in no till sowing system, which implies the application of herbicides during fallow. In order to reduce the amount of herbicides applied, the interest in cover crops has grown in recent years. What is your opinion regarding both advantages and disadvantages of cover crops?”**

“I believe cover crops are currently underutilized in U.S. soybean and cotton production. As emphasis on “sustainability” and conservation of soil continues,

de los CC que van más allá de los beneficios en el manejo de malezas: conservación de la humedad y mejora de la eficiencia de riego, reducción de la erosión eólica o hídrica, reducción de la abrasión provocada por la arena arrastrada por el viento, entre otras. Algunas de las dificultades con los CC son la capacidad de sembrar y establecer un CC en un otoño húmedo debido a las limitaciones en la cosecha del cultivo principal, reducidos periodos de crecimiento en las zonas del norte de EE.UU. y el potencial incremento de plagas. En conjunto, mi opinión es que las ventajas de los CC (centeno en mi zona) superan las desventajas de los mismos.

**Dos especies diferentes del género Amaranthus (A. palmeri y A. hybridus) son actualmente las malezas resistentes más representativas en los sistemas de producción de maíz y soja en la Argentina. ¿Qué prácticas considera Ud. esenciales para minimizar la presencia e incidencia de estas especies?**

Idealmente, se debería aplicar un umbral de tolerancia cero. Estas dos malezas deberían ser removidas de los lotes y los bordes, más allá del costo. Dentro del lote, en los sitios donde la abundancia de estas poblaciones sea alta, los productores deberían procurar limpiarlos antes del momento de la siembra, ya sea utilizando el laboreo o un quemado efectivo con herbicidas que incluyan un residual de alta eficacia. Es necesaria cierta superposición de residuales hasta que se forme el canopeo del cultivo. Hay otras tácticas como los cultivos de cobertura, la reducción del espaciamiento entre hileras, la siembra temprana, etc., que también mejorarán el manejo de estas malezas. El manejo del banco de semillas debe ser un foco principal si se busca lograr el éxito a largo plazo. Otra táctica es la destrucción de semillas de malezas en el momento de la cosecha, cuando un gran número de semillas permanecen retenidas en las plantas. Actualmente, hay dispositivos de destrucción de semillas

it is likely there will be greater adoption of cover crops in the coming years. There are numerous advantages of cover crops that go beyond the weed management benefits: moisture conservation and increase irrigation efficiency, reduced wind and water erosion, and reduced wind-blown sand abrasion to small crops, among others. Some issues with cover crops are the ability to plant and establish a cover crop in a wet fall because of harvest constraints with the cash crop, shortened growing season in the more northern regions of the U.S. and potential increase in insect pests. Overall, it is my opinion that advantages of cover crops (cereal rye in my region) out way the disadvantages.”

**“Two different species of Amaranthus genus (A. palmeri, A. hybridus) are currently the most representative resistant weeds in maize and soybean production systems in Argentina. What practices do you consider essential to minimize the presence and incidence of these species?”**

“Ideally, a zero tolerance threshold should be practiced. These two weeds should be removed from the field and edges of the field, regardless of the cost. Where populations are high within a field, growers must start clean at planting through use of tillage or an effective burndown herbicide that includes a highly efficacious residual. Residual need to be overlapped until a crop canopy is formed. There are other tactics such as cover crops, narrow-row spacing, earlier planting, etc. that will also improve management of these weeds. Seedbank management must be a major focus if long-term success is going to be realized. Another tactic may include weed seed destruction at harvest, if seed are retained on plants at high numbers. There are currently weed seed destruction devices being constructed in Australia and Canada that are available to growers. Another promising at harvest weed seed management tactic is chaff lining, which



de malezas construidos en Australia y Canadá, que están disponibles para los productores. Otra estrategia prometedor para el manejo de semillas de malezas en la cosecha es la acumulación e hilerado del rastreo; fue efectiva en algunos cultivos de Australia, pero no ha sido estudiada ampliamente en los EE.UU.

Con respecto al manejo de especies del género *Amaranthus* basado en herbicidas, generalmente se recomienda metribuzin como componente del programa de manejo en preemergencia, debido a que no se ha documentado resistencia a este herbicida en *Amaranthus palmeri* o *A. tuberculatus*. Metolachlor, acetochlor y pyroxasulfone son otros herbicidas residuales adicionales que se utilizan, pero la resistencia a metolachlor ha sido documentada recientemente para estas dos especies. Esta resistencia no se encuentra aparentemente muy extendida en la actualidad. Las opciones post-emergentes efectivas incluyen al glufosinato, 2,4-D, y dicamba, pero estos herbicidas son específicos para eventos disponibles en soja. Los herbicidas PPO como fomesafen eran ampliamente utilizados para el control de *Amaranthus palmeri* hace 5 a 6 años, pero es común la resistencia a este u otros herbicidas similares en algunas áreas del sur de EE.UU.

**¿Qué importancia le asigna a la aplicación de mezclas de tanque como una práctica para disminuir la evolución de resistencia?**

Estoy muy seguro en que la mezcla de herbicidas (con dos sitios de acción efectivos) es una estrategia sólida para mitigar la evolución de resistencias de sitio de acción. Sin embargo, la resistencia metabólica se está volviendo cada vez más común y el uso de mezclas de tanque quizás no sea una manera efectiva de abordar este tipo de resistencia. La investigación en los años que vienen necesita focalizarse en las maneras para minimizar el riesgo de resistencia metabólica.

**¿Considera que la aplicación de**



has proven effective in some Australian crops but has not been widely tested in the U.S.

In regards to herbicide programs for *Amaranthus* species, metribuzin is often recommended as a component of a preemergence weed control program because no resistance to this herbicide has been documented in Palmer amaranth or waterhemp. Metolachlor, acetochlor, and pyroxasulfone are additional residual herbicides that are used, but again resistance to metolachlor has recently been documented in both Palmer amaranth and waterhemp. The extent of the resistance is not likely wide spread today. Effective postemergence options include glufosinate, 2,4-D, and dicamba, but these herbicides are specific to traits that can be utilized in soybean. PPO herbicides like fomesafen were widely used

**herbicidas residuales puede presentar un riesgo de evolución de resistencia por dosis subletales a medida que el herbicida se degrada en el suelo? ¿Es esencial entonces el complementar los herbicidas residuales con herbicidas post-emergentes?**

Si, los herbicidas residuales seleccionan tanto resistencias de sitio de acción como metabólicas. Todavía creo que todos los campos necesitan ser tratados con herbicidas residuales a la siembra, aun cuando un cultivo de cobertura se haya establecido, y los herbicidas post-emergentes y otras tácticas pueden utilizarse para controlar las pocas malezas que se escapan al herbicida residual. Las malezas a las que no se les permite producir semilla no tienen posibilidad de evolucionar resistencia a un herbicida.

**RESISTENCIA A HERBICIDAS**

**En años recientes, se registraron en Argentina casos de baja sensibilidad a herbicidas graminicidas (fops y dims) por parte de Sorgo de Alepo. Sin embargo, estos casos reportados para haloxifopmetil son más frecuentes que para cletodim. Asumiendo que ambos herbicidas tienen el mismo sitio de acción, ¿cómo explica este resultado diferencial?**

Los herbicidas fop y dim se unen de manera levemente diferente al sitio de acción. Por ende, una mutación que confiere resistencia a los fops puede no conferir resistencia a los dims. A menudo observo esto entre las malezas de los EE.UU. En los EE.UU. el *Sorghum halepense* es resistente a los fops y tiene un extremadamente bajo nivel de resistencia a los dims. Bayer CropScience y yo colaboramos en un proyecto referido a este tipo de resistencia hace 6 a 7 años atrás.

**¿Qué piensa de la metabolización de haloxifop y cletodim?**

for Palmer amaranth control 5 to 6 years ago, but resistance to this and similar herbicides is common in some areas of the southern U.S.”

**“What importance do you assign to the application of herbicides in mixture as a practice to decrease the evolution of resistance?”**

“I am extremely confident that herbicide mixtures (two effective sites of action) are a sound strategy to mitigate the evolution of target-site resistance. However, metabolic resistance is becoming increasingly common and the use of mixtures may not be an effective means to address this type of resistance. Research in the coming years needs to focus on ways to minimize risk of metabolic resistance.”

**“Do you consider that the application of residual herbicides can represent a risk of resistance evolution by sub lethal rate as the herbicide degrades in the soil? Is it essential then to complement the residual herbicides with post-emergent herbicides?”**

“Yes, residual herbicides select for both target-site and metabolic resistance. I still believe all fields need to be treated with a residual herbicide at planting, even when a cover crop is planted, and post-emergence herbicides and other tactics can be used to control the few weeds that escape a residual herbicide. Weeds that are never allowed to produce seed have no chance of evolving resistance to an herbicide.”

**HERBICIDE RESISTANCE**

**“In recent years, cases of lower sensitivity to grass herbicides (Fops and Dims) were recorded in Argentina in Sorghum halepense. However, the cases reported to haloxifop methyl are more frequent than to cletodim. Assuming that both herbicides have the same site of action, how do you explain this different result?”**

La metabolización de estos herbicidas es posible, pero creo que la mayoría de la resistencia que tenemos en EE.UU. en el caso de *Sorghum halepense* es de sitio de acción.

**¿Qué programa de herbicidas y cultivos puede recomendar cuando se encuentra resistencia a glifosato y ACCasa en sorgo de Alepo en un mismo campo?**

Basado en mi investigación, aplicaciones secuenciales de glufosinato de amonio son altamente efectivas para controlar *Sorghum halepense*. Los eventos de resistencia a glufosinato de amonio están disponibles de manera comercial para híbridos de maíz y variedades de algodón y soja.

**Respecto a la importancia del metabolismo de los herbicidas como una causa de resistencia, ¿considera que es conveniente clasificar los herbicidas de acuerdo a su vía metabólica? ¿Debería ser esa información técnica provista por las compañías?**

Si, es preciso que esta información sea provista y, como indiqué previamente, es necesario que haya un mejor entendimiento de las vías para disminuir el riesgo de resistencia metabólica.

**Con respecto a los inhibidores VLCFA (K3), ¿hay diferencias en los patrones de inhibición de diferentes elongasas entre metolachloro, pyroxasulfone, acetochlor, dimetnamida?**

Por lo que he visto, la mayoría de la resistencia es metabólica y la resistencia a un inhibidor de la VLCFA no implica resistencia a todos ellos. En Arkansas, nosotros tenemos resistencia metabólica a metolachloro en *Amaranthus palmeri*, mientras que el herbicida pyroxasulfone todavía es efectivo. Estudios sobre resistencia de *Allopecurus myosuroides* en el Reino Unido también muestran resultados similares respecto de las diferencias entre los

“The fops and dims bind slightly different to the target site. Hence, a mutation that confers resistance to the fops may not confer resistance to the dims. I commonly see this in weeds within the U.S. Similarly, in the U.S., *Sorghum halepense* is resistant to the fops and has extremely low-level resistance to the dims. Bayer Crop Science and I collaborated on a project 6 to 7 year ago involving this type of resistance.”

**What do you think about metabolism of haloxifop and cletodim?**

“Metabolism of these herbicides is possible, but I believe most of the resistance we have in the U.S. is target site in *Sorghum halepense*.”

**“What herbicide program and crop you can recommend when there is Johnsongrass Glyphosate and ACCasa inhibitors resistance on the same field?”**

“Based on my research, sequential applications of glufosinate are highly effective in controlling *Sorghum halepense*. Glufosinate-resistance traits are available in commercial corn hybrids and cotton and soybean cultivars.”

**“Regarding the importance of herbicide metabolism as a cause of resistance, do you consider it convenient to classify herbicides according to their metabolic pathway? Should such technical information be provided by companies?”**

Yes, this needs to be provided and as stated earlier, there needs to be a better understanding of ways to lower risk for metabolic resistance.

**“Regarding the VLFA inhibitors (K3), are there differences in the inhibition pattern of different elongases between metolachlor, pyroxasulfone, acetochlor, dimethenamid?”**

“From what I have seen, most of the resistance is metabolic and resistance to

herbicidas VLCFA.

**OK, ¿pero piensa que todos (metolachloro, pyroxasulfone, acetochlor, dimetnamida) tiene estrictamente el mismo sitio de acción?**

Metolachloro, acetochlor y dimetnamida deben tener sitios de enlace similares. El pyroxasulfone puede ser levemente diferente. Sin embargo, la resistencia metabólica no tiene relación alguna con el sitio de enlace.

**Considerando los inhibidores de ALS, ACCasa y EPSPs, ¿cuáles son los mecanismos de resistencia más relevantes? ¿Considera que el valor del Índice de Resistencia (IR) es un indicador del mecanismo?**

La importancia del mecanismo es aparentemente función del cultivo y de los herbicidas registrados para el mismo. Por ejemplo, en maíz, la resistencia a ACCasa no es tan importante como quizás lo sea en soja o en un cultivo donde un evento con resistencia a ACCasa se haya comercializado.

El nivel de resistencia es un indicador del mecanismo de resistencia, pero no podemos decir ciertamente cual es el mecanismo basándonos solo en el nivel de resistencia.

**¿Cuáles son los mecanismos más importantes para cada grupo (ALS, ACCasa, glifosato), sitio activo, no sitio activo, o metabolismo?**

ALS: sitio de acción; ACCasa: sitio de acción; glifosato: no sitio activo.

**¿Hay generalmente mayor IR en la resistencia de sitio activo que en la de no sitio activo?**

Si, generalmente, pero no siempre.

**Considerando las dosis subletales (menores a las recomendadas) de los herbicidas ¿qué importancia le asigna a esta práctica en la evolución de biotipos resistentes a herbicidas?**

one VLCFA inhibitor does not mean resistance to all. In Arkansas, we currently have metabolic resistance to metolachlor in Palmer amaranth, whereas pyroxasulfone still remains effective. Research on blackgrass resistance in the U.K. also shows similar results on differences among VLCFA herbicides.”

**“OK, but do you think all of them (metolachlor, pyroxasulfone, acetochlor, dimethenamid) have strictly the same site of action?”**

“Metolachlor, acetochlor and dimethenamid should have similar binding sites. Pyroxasulfone may be slightly different. However, metabolic resistance has nothing to do with the binding site.”

**“Considering the inhibitors of ALS, ACCase and EPSPs, what are the most relevant resistance mechanisms? Do you think the value of IR is an indicator of the mechanism?”**

“The importance of the mechanism is likely a function of the crop and what herbicide registered for use in that crop. For instance, in maize (corn), ACCase resistance is not as important as it would be in soybean or a crop where an ACCase resistance trait has been commercialized.

The level of resistance is an indicator of the resistance mechanism, but one cannot say for certain what the mechanism is solely on the level of resistance.”

**“What are the most important mechanisms for each group (ALS, ACCase, Gly? (target Site, not site, metabolism?)”**

“ALS: target site; ACCase: target site; Glyphosate: non-target site”

**“Is generally higher IR in target site resistance than in no target site?”**

“Yes, generally but not always.”

**“Considering the sublethal rates (lower than the recommended) of herbicides, what importance do you assign to this practice in the**



**La mezcla de herbicidas (con dos sitios de acción efectivos) es una estrategia sólida para mitigar la evolución de resistencias de sitio de acción. Sin embargo, la resistencia metabólica se está volviendo cada vez más común y el uso de mezclas de tanque quizás no sea una manera efectiva de abordar este tipo de resistencia.**

El futuro del uso eficaz de herbicidas en los cultivos en los próximos 20 a 30 años dependerá fuertemente de nuestro entendimiento de la resistencia metabólica. Como he señalado en diferentes publicaciones, hay numerosas formas de aplicar dosis subletales a las malezas, y la exposición a dosis subletales ocurre en casi todos los lotes donde se aplican herbicidas.

Con respecto a la química y la fisiología, en las décadas venideras se invertirá más tiempo en estas áreas que en cualquier otra área del estudio de la resistencia a herbicidas.

**¿Está esto referido al mecanismo de resistencia metabólica?**

Si, esto es en parte debido al mecanismo de resistencia metabólica, y también incluye el diseño de herbicidas que no sean desactivados por los mismos P450 y GSTs que comúnmente degradan los herbicidas que aplicamos hoy. «

**evolution of herbicide resistant biotypes?”**

“The future of effective herbicide use in crops over the next 20 to 30 years will be highly dependent upon our understanding of metabolic resistance. As I have outlined in several papers, there are numerous ways for sublethal rates to be applied to weeds and sublethal exposure commonly occurs in almost any field where herbicides are applied.

In regards to chemistry and physiology, more time will be spent in this area than any other area of herbicide resistance research for the next several decades.”

**Is this regarding the mechanism of metabolic resistance?**

“Yes, this is partly regarding the mechanism of metabolic resistance and also involves designing herbicides that are not broken down by the same P450 and GSTs that commonly degrade the herbicides we apply today.” «

# EL CAMPO EN SU MEJOR VERSIÓN

**SpeedAgro**  
The Greener Standard



# Evaluación del herbicida byciclopirona para el control de *Amaranthus palmeri* S. Watson, en pre-siembra del cultivo de maíz

Ing. Agr. Garay, J.A.<sup>1</sup>; Ing. Agr. Cuello, J.<sup>2</sup>; Dr. Mayer, L.I.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>INTA San Luis, <sup>2</sup>SYNGENTA

Citar como: Garay et al. (2020) Evaluación del herbicida byciclopirona para el control de *Amaranthus palmeri* S. Watson, en pre-siembra del cultivo de maíz. *Malezas* 4, 48-53

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar en forma comparada, la eficacia y residualidad del herbicida byciclopirona en mezcla con S-metolacoloro, respecto a otras mezclas altamente difundidas, atrazina + S-metolacoloro y como estrategia post-emergente atrazina + mesotrione, para el control de *Amaranthus palmeri* S. Watson (yuyo colorado) en el cultivo de maíz. Se evaluaron tres tratamientos de herbicidas contrastando con un testigo sin herbicida. Byciclopirona + S-metolacoloro 1 l ha<sup>-1</sup> + 1,35 l ha<sup>-1</sup> respectivamente; atrazina + S-metolacoloro 1 kg ha<sup>-1</sup> + 1,35 l ha<sup>-1</sup>; atrazina + mesotrione 1 kg ha<sup>-1</sup> + 0,3 l ha<sup>-1</sup> y un tratamiento llamado testigo sin herbicida/s. En este trabajo el herbicida Acuron uno aplicado en combinación con Dualgold y Gesaprim en combinación con Dualgold durante la pre-siembra temprana del cultivo de maíz, tuvieron muy buen control del yuyo colorado manteniendo una residualidad elevada durante 90 días. El resultado obtenido en este experimento posiciona a estos herbicidas como herramientas de manejo con la capacidad para demorar o impedir la aparición de resistencia del yuyo colorado y otras malezas.

**Palabras clave:** *Amaranthus palmeri*, herbicidas residuales, modos de acción

## SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the efficacy and residual effect of byciclopiron herbicide in combination with S-Metolachlor to control *Amaranthus palmeri* S Watson (Palmer amaranth), compared to other herbicides mixes commonly used, Atrazine + S-Metolachlor and Atrazine + Mesotrione, in corn. We evaluated three herbicide treatments: Byciclopirona + S-Metolachlor, 1 l ha<sup>-1</sup> + 1,35 l ha<sup>-1</sup>; Atrazine + S-Metolachlor, 1 kg ha<sup>-1</sup> + 1,35 l ha<sup>-1</sup>; Atrazine + Mesotrione, 1 kg ha<sup>-1</sup> + 0,3 l ha<sup>-1</sup>; and a control without herbicide. Results showed that the herbicide Acuron one in combination with Dual Gold had a very good control of Palmer amaranth at early pre-seeding of corn, keeping a long lasting activity in the soil during 90 days. The fact that Acuron one is based on a molecule with a different mode of action as commonly used herbicides, positions this herbicide as a management tool with the ability to delay or prevent the development of resistance of Palmer amaranth or other weeds.

**Key words:** Palmer amaranth, residual herbicides, modes of action





Foto 1. Sector de experimentos de control de malezas del campo de INTA San Luis.



Foto 2. Primera cohorte de *Amaranthus palmeri* antes de ser tratada con Glifosato + 2,4D

## INTRODUCCIÓN

El control de las malezas en sus estadios iniciales es de gran importancia para mitigar los efectos posteriores de la competencia con el cultivo de maíz. Así, el control químico durante el barbecho temprano adquiere un rol fundamental a la hora de pretender rendimientos acordes al potencial que ofrece el ambiente (Garay *et al.* 2015). Numerosos traba-

jos realizados en el país demuestran la alta eficacia de mezclas de herbicidas aplicados en pre-siembra, pre-emergencia y, eventualmente, post-emergencia temprana del maíz, entre los cuales se destacan: atrazina + acetocloro, atrazina + glifosato, atrazina sola (Perez & Perez, 2008) y atrazina + S-metolacloro (Ponsa *et al.*, 2006). Una nueva molécula bicyclopirona (Acuron uno), fue registrada en la campaña 2015-2016

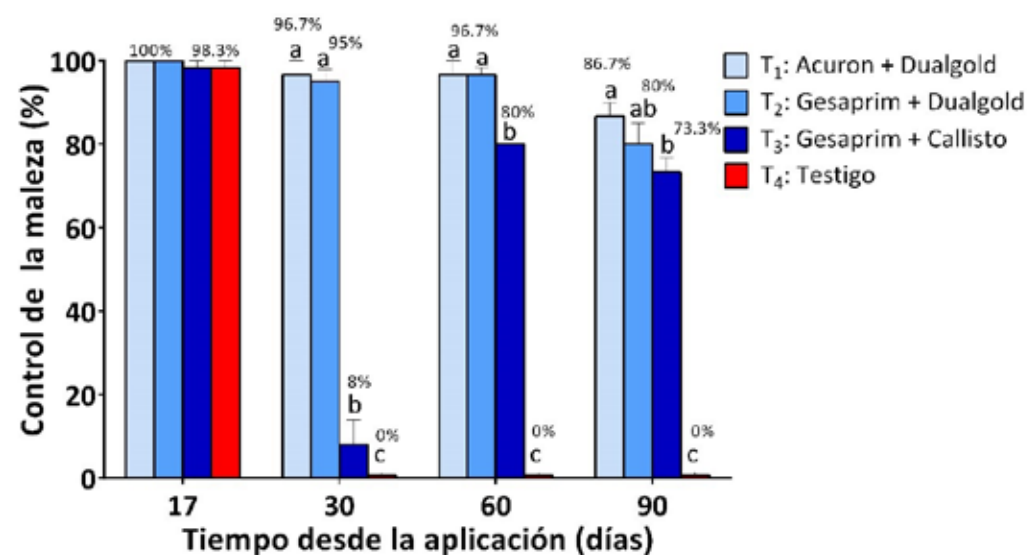


Figura 1. Control (%) de yuyo colorado (*Amaranthus palmeri*) con diferentes tratamientos químicos, medido a los 17, 30, 60 y 90 días después de la aplicación (dda) de pre-siembra del cultivo de maíz. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en una fecha determinada ( $P < 0,05$ ).



Figura 3. Tratamiento testigo a los 45 dda.



Figura 4. Tratamiento testigo a los 70 dda

como herbicida selectivo para el barbecho de primavera y pre-emergencia del cultivo de maíz. Su ingrediente activo pertenece a la clase química triquetonas que actúan bloqueando la enzima HPPD (p-hidroxifenil-piruvato-deshidrogenasa) e interfiriendo en la formación de plastoquinona y alfatocofeol. De esta manera, interrumpe la síntesis de los pigmentos carotenoides, produciendo decoloración (albinismo) y necrosis en las hojas y posterior muerte de la maleza (Gigon, 2015; Moreno, 2017). Hasta el momento son escasos los trabajos que muestran el desempeño de este herbicida, cuando se lo utiliza en mezcla para el control de malezas de difícil manejo en la región semiárida central de la Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2016-2017, se condujo un experimento a campo en el

predio de la EEA INTA San Luis (33° 39' S, 65° 22' O, 515 m s.n.m.). El suelo era Haplustol Éntico de la serie Villa Reynolds, de textura franco arenosa (perfil A-AC-C), con una capacidad de retención hídrica de aproximadamente 100-110 mm por metro y niveles de materia orgánica y pH en el horizonte superficial de 1,5 % y 6,0-7,5, respectivamente. Las malezas que se encontraban ya emergidas en estado de plántula (*Amaranthus palmeri* S. Watson y *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) se eliminaron previamente, mediante una aplicación de glifosato 66,7% 3,0 l ha<sup>-1</sup> + 2,4-D éster 97% 0,5 l ha<sup>-1</sup> a inicios de la primavera (10 de octubre). Posteriormente, se aplicaron tres tratamientos químicos durante pre-siembra 11 de noviembre o post-emergencia temprana 8 de diciembre de un cultivo de maíz y un testigo (sin herbicida)(Cuadro 1).

Cuadro 1. Detalle de los tratamientos químicos (T<sub>n</sub>) aplicados para el control de yuyo colorado en el cultivo de maíz.

(T <sub>n</sub> )	Principio activo	Nombre comercial	Dosis
T <sub>1</sub>	Byciclopirona + S-Metolacloro <sup>a</sup>	Acuron 20 SC + Dualgold 96 EC	1 l ha <sup>-1</sup> + 1,35 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>2</sub>	Atrazina + S-Metolacloro <sup>a</sup>	Gesaprim 90 WDG + Dualgold	1 kg ha <sup>-1</sup> + 1,35 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>3</sub>	Atrazina+ Mesotrione <sup>b</sup>	Gesaprim 90 WDG + Callisto 48 SC	1 kg ha <sup>-1</sup> + 0,3 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>4</sub>	Testigo	-	-

<sup>a</sup>Aplicación 12 días previo a la siembra del cultivo (11 de noviembre),

<sup>b</sup>Aplicación 15 días luego de la siembra del cultivo (8 de diciembre) cuando la maleza tenía 2-3 hojas desplegadas.

**Cuadro 2.** Registro de las precipitaciones del periodo octubre-marzo durante la campaña 2016-2017.

Mes/ año	Precipitaciones (mm)
Octubre 2016	123,4
Noviembre 2016	63,8
Diciembre 2016	70,8
Enero 2017	80,8
Febrero 2017	56,2
Marzo 2017	80,6

Los tratamientos se distribuyeron con un diseño en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Las unidades experimentales consistieron en parcelas de 3 m de ancho por 12 m de largo. Todas las aplicaciones se efectuaron mediante el uso de una mochila a gas de presión constante, con un caudal de 110 l ha<sup>-1</sup> y presión de 35 lb p<sup>-2</sup>, con cuatro picos provistos de pastillas de cono hueco de 110-05 a 0,5 m. Para cada tratamiento, se determinó el nivel de control del yuyo colorado en cuatro momentos diferentes, a los 17, 30, 60 y 90 días desde la fecha de la aplicación realizada 12 días antes de la siembra (dda). Las determinaciones se realizaron mediante la observación visual de la cobertura de la maleza, utilizando una escala de 0 a 100% (control nulo-cobertura absoluta y control absoluto



**Figura 5.** Tratamiento 1 a los 45 dda

cobertura nula, respectivamente). Las condiciones de humedad durante los meses en los que se efectuaron las aplicaciones y mediciones del nivel de control de la maleza fueron menores a la media (Cuadro 2).

En cada momento de observación, los valores registrados de control se analizaron por medio de un modelo de ANOVA con efectos fijos en InfoStat Profesional 2012 a fin de evaluar el efecto del tratamiento químico. Se utilizó la prueba LSD para detectar diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las medias de los diferentes tratamientos químicos.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 17 dda, todos los tratamientos presentaron nivel de control máximo de la maleza ( $\approx 100\%$ ), ya que en ese momento todavía no había emergido la segunda cohorte del yuyo colorado. A los 30 dda, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> presentaron niveles de control de la maleza altos (mayores a 95%) y mayores que T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. A partir de esa fecha de medición en adelante, los niveles de control del T<sub>4</sub> fueron nulos. A los 60 dda, los controles de los T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> continuaron siendo muy elevados, mientras que el correspondiente a T<sub>3</sub> resultó significativamente 0,05 menor (80%). Para estos tres tratamientos se observó,



**Foto 6.** Tratamiento 1 a los 70 dda

## Acuron y Gesaprim en combinación con Dualgold en pre siembra temprana de maíz tuvieron muy buen control de yuyo colorado

una disminución de entre 10 y 15 % en sus respectivos niveles de control los 90 dda. Hubo diferencias significativas entre T1 (86,7%), T3 (73,3%) y T4 (0%), mientras que T2 (80%) no se diferenció de T1 y T3 (Figura 1).

### CONCLUSIÓN

En este trabajo el herbicida Acuron uno aplicado en combinación con Dualgold (T<sub>1</sub>) y Gesaprim en combinación con

Dualgold durante la pre-siembra temprana del cultivo de maíz, tuvieron muy buen control del yuyo colorado manteniendo una residualidad elevada durante 90 días. El resultado obtenido en este experimento posiciona a estos herbicidas como herramientas de manejo con la capacidad para demorar o impedir la aparición de resistencia del yuyo colorado y otras malezas. «



### Bibliografía

GARAY JA, SCAPPINI E, COLAZO JC & JAEGGI E (2015) Control de malezas en el cultivo de maíz. Información Técnica 188. En: GARAY JA & COLAZO JC (Eds.), 102-113, El Cultivo de Maíz en San Luis. INTA Ediciones, Buenos Aires, Argentina.

GIGÓN R (2015) Evaluación del herbicida ACURON UNO y ACURON GOLD en barbecho corto y preemergencia de Maíz. Informe técnico, Syngenta.

MORENO R (2017) Manejo de malezas en el cultivo de maíz. Departamento Desarrollo Syngenta Agro SA. En:

Jornada de actualización en el cultivo de maíz, INTA EEA Marcos Juárez, Córdoba.

PÉREZ M & PÉREZ L (2008) Estrategias de control de malezas en Maíz RG. Memoria técnica 2007-2008. INTA General Villegas.

PONSA JC, FERRARIS G & COURETOT L (2006) Estrategias de manejo de malezas en maíz resistente a glifosato. En: Congreso Nacional de Maíz: Generando Valor para un Futuro Sustentable, AIANBA (Asociación de Ingenieros Agrónomos del Norte de la Provincia de Buenos Aires), Buenos Aires.

## Eficacia de control de diferentes formulaciones de 2,4-D y otros herbicidas auxínicos sobre *Amaranthus hybridus* resistente a glifosato en la Argentina

De Esteban, M.E., Apestegui, M.A., Bistolfi, G., Fadda, D.E., Fluguerto Marti, P., Gerardo, U., Sansot, D.

Corteva AgriscienceTM, Email: [marcelo.deesteban@corteva.com](mailto:marcelo.deesteban@corteva.com)  
Presentado en II Congreso Argentino de Malezas (ASACIM), 5 y 6 de junio, 2018.

Citar como: De Esteban et al. (2020)  
Eficacia de control de diferentes formulaciones de 2,4-D y otros herbicidas auxínicos sobre *Amaranthus hybridus* resistente a glifosato en la Argentina. *Malezas* 4, 54-63.



Ensayo Quebracho herrado

### RESUMEN

Los biotipos de *Amaranthus hybridus* resistentes a glifosato (AMASS-RG) continúan expandiéndose en el territorio agrícola argentino. El control de estos biotipos es complejo y debe afrontarse con estrategias planificadas que utilicen herramientas de alta efectividad en el control. Los herbicidas auxínicos, particularmente el 2,4-D, son los más utilizados para su control post emergente. En este trabajo se compara la eficacia de distintas formulaciones de 2,4-D entre sí; sal colina, ácido, éster butílico y éster etilhexílico a dos dosis (450 y 720 g e.a. ha<sup>-1</sup>). Al mismo tiempo, se comparan los tratamientos previamente mencionados con otros herbicidas auxínicos como dicamba, fluroxipir, clopiralid y picloram. Se realizaron siete ensayos durante la campaña 2017-18 en distintas localidades con alta infestación de la maleza. Las estimaciones de control visual (%) se realizaron a los 25 y 40 días después de la aplicación (DDA). Se encontraron diferencias significativas a los 40 DDA para el control de *Amaranthus hybridus* entre las formulaciones 2,4-D sal colina y ácido versus ambas formulaciones de éster; 83% vs 72%, respectivamente. No hubo diferencias estadísticamente significativas de los tratamientos con 2,4-D con picloram. Otros herbicidas como dicamba, fluroxipir y clopyralid no mostraron control aceptable de *A. hybridus*.

**Palabras clave:** manejo de malezas, control químico, resistencia a herbicidas.

### SUMMARY

The purpose of this study was aimed to evaluate differences between herbicide activity of 2,4-D choline salt, 2,4-D ester and 2,4-D acid formulations at two different rates (450 and 720 g a.e. ha<sup>-1</sup>) to control glyphosate-resistant *Amaranthus hybridus*. In addition, the study also sought to obtain results of efficacy of other auxinic herbicides (picloram, fluroxypyr, clopiralid and dicamba) when compared to 2,4-D. Seven field trials

were performed at locations with high weed pressure in the 2017-18 season. Visual percentage (%) was made at 25 and 40 days after application (DAA). Statistical differences were found (Tukey  $p > 0,05$ ) between the Choline salt and acid 2,4-D versus ester formulations; 83% vs 72%, 40 DAA. No statistical differences were found when compared 2,4-D formulations with Picloram. Neither this nor the other auxinic herbicides achieved acceptable control.

**Key words:** weed management, chemical control, herbicide resistance.

### INTRODUCCIÓN

El género *Amaranthus* comprende alrededor de 60 especies, dentro de las cuales se citan 20 especies de malezas de las más destacadas de ciclo estival (Kissmann & Groth, 1999). La naturaleza biológica de las malezas determina que evolucionen, adaptándose a prácticas destinadas a su control que se reiteran con frecuencia y en amplia superficie. En los esquemas de producción de la Argentina, esto correspondería al empleo de herbicidas de elevada eficacia y bajo costo relativo como glifosato y algunos herbicidas de elevada persistencia como el metsulfuron (López de Sabando & Arriaga, 2015). Sin embargo, la presión de selección generada por el uso repetido de herbicidas produjo una rápida evolución hacia poblaciones de malezas resistentes (Maxwell & Mortimer, 1994). El número de especies de malezas resistentes a herbicidas se fue incrementado en forma significativa en los últimos años (Warwick, 1991; Shaner, 1995). En la Argentina, *Amaranthus hybridus* L. es una de las malezas anuales más importantes en los cultivos de verano y causa pérdidas considerables de rendimiento por competencia (Leguizamón *et al.*, 1994). La llegada de la soja resistente a glifosato generalizó rápidamente el control con glifosato y este biotipo dejó de ser un problema en los sistemas productivos por el efectivo control que ejerce dicho

**Cuadro 1.** Localidades donde se realizaron los ensayos, fecha y condiciones de aplicación.

Localidad	Fecha de aplicación	T (°C)	HR %	Tamaño (cm)
Colón	26/12/2017	28	58	15
Trenque Lauquen	24/10/2017	30	36	7
Quebracho herrado	23/01/2018	28	74	30
San Jerónimo Sud	14/11/2017	32	32	20
Paraná	09/11/2017	31	58	15
General Deheza	11/12/2017	27	40	10

herbicida. Sin embargo, la aparición de resistencia puso en peligro la eficacia de esta herramienta (López de Sabando & Arriaga, 2015). El relevamiento de las principales estrategias de control químico utilizadas por los productores bajo condiciones de ambiente y manejo específico, permiten determinar con mayor certeza y representatividad, los herbicidas o mezclas más efectivas, económicos y de bajo efecto fitotóxico para el cultivo. Para lograr seleccionar la mezcla adecuada que cumpla con los preceptos anteriores, es necesario considerar aspectos importantes como son la calidad del producto, la formulación, la disponibilidad en el mercado, el precio al usuario, las malezas presentes, el tipo de suelo, el clima, el equipo de aplicación, etc. (Portuguez *et al.*, 2002). Nuevas tecnologías en desarrollo para el cultivo de soja, incluida la resistencia a combinaciones de glifosato, glufosinato, dicamba, 2,4-D, isoxaflutole y mesotrione, harán posible el uso de sitios de acción herbicida adicionales a los disponibles actualmente (Meyer *et al.*, 2017). En comparación con otras familias de herbicidas, la incidencia de resistencia a herbicidas auxínicos es relativamente baja, con sólo 29 especies de malezas resistentes hasta la fecha (Mithila *et al.*, 2011). Por esa razón, un programa de control con herbicidas de preemergencia residuales y herbicidas auxínicos post emergentes como 2, 4-D y picloram están empezando a desempeñar un papel clave en el control de *A. hybridus*. Uno de los objetivos planteados en la presente investigación fue evaluar el control post emergente que ejercen

algunos de los productos disponibles en el mercado, sobre *A. hybridus*. En referencia al herbicida 2,4-D, Cárdenas & Doel (citados por Shenk *et al.*, 1979), afirman que los herbicidas fenólicos son transportados y ejercen su acción en forma de ácido (COOH). Debido a esto, y al hecho de que las diversas formulaciones comerciales contienen diferente proporción de la forma ácida, cuando se efectúan comparaciones entre los fenólicos, éstas deben realizarse con base al ácido equivalente. Por ello, esta investigación propone comparar distintas formulaciones de 2,4-D de diferente concentración llevadas a la misma dosis de equivalente ácido, para orientar a productores y técnicos en la toma de decisiones a la hora de adoptar un tratamiento químico post emergente de la maleza, dentro de un programa de manejo. Los datos que surjan de este trabajo podrían ser aplicables no solo en barbecho químico previo a la siembra de cultivos estivales, sino también sobre aquellos que a futuro contengan eventos biotecnológicos que confieran tolerancia a algunos de los herbicidas evaluados.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2017/18 se realizaron seis ensayos distribuidos en regiones de alto nivel de infestación de AMASS-RG: Paraná (Entre Ríos), Trenque Lauquen (Buenos Aires), Colón (Buenos Aires), San Jerónimo Sud (Santa Fe), Quebracho Herrado (Córdoba) and General Deheza (Córdoba.) a fines de comparar la eficacia de distintas formulaciones comerciales disponibles de

2,4-D (sal colina, ácido, éster butílico y éster etilhexílico) a dos dosis (450 y 720 g e.a. ha<sup>-1</sup>). También se evaluó la eficacia de otros herbicidas auxínicos (dicamba, fluroxypyr, clopyralid, picloram) a sus dosis normales de uso. Ante un posible lanzamiento de variedades de soja con tolerancia a dicamba (Xtend<sup>TM</sup>) y glufosinato de amonio más 2,4-D sal colina (Enlist E3<sup>TM</sup>) se evaluó la mezcla de esos activos como tratamiento adicional, sumado a un tratamiento a doble dosis comercial de dicamba. El diseño experimental para comparar todos los tratamientos auxínicos fue un diseño en bloques completamente aleatorizados (DBCA) y, en arreglo factorial, para los tratamientos del 1 al 8 combinando factor A: dosis con dos niveles 450 y 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> y factor B: formulaciones con 4 niveles. La unidad experimental fue de 18 m<sup>2</sup>, en parcelas de 3 m de ancho por 6 m de largo, con tres repeticiones por tratamiento. Asimismo, se incluyeron estándares comparativos sobre el que

se realizó un ANVA comparando todos los tratamientos del protocolo entre sí.

Para la aplicación se utilizó una mochila de CO<sub>2</sub> con una presión constante de 40 PSI, una barra de 3 m de ancho con 6 picos abanico plano AIXR 110015, asperjando un volumen de 120 l ha<sup>-1</sup>. Todos los tratamientos incluyeron 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato y 0,5 % V/V de aceite metilado de soja. El tamaño de maleza al momento de aplicación varió según localidad en un rango de 7 a 30 cm de alto. Se utilizó para todos los ensayos la metodología de control mediante estimación visual en porcentaje (0 – 100 %) tomando como referencia para el mismo un testigo apareado por cada parcela. El momento de evaluación fue a los 25 y 40 días después de la aplicación (DDA).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el análisis de la varianza y la diferencia de medias a través del test de Tukey al 5 % (Neter & Wasserman, 1974).



San Jeronimo Sud



San Jeronimo

**Cuadro 2.** Listado de tratamientos, nombre comercial, activo, concentración y dosis.

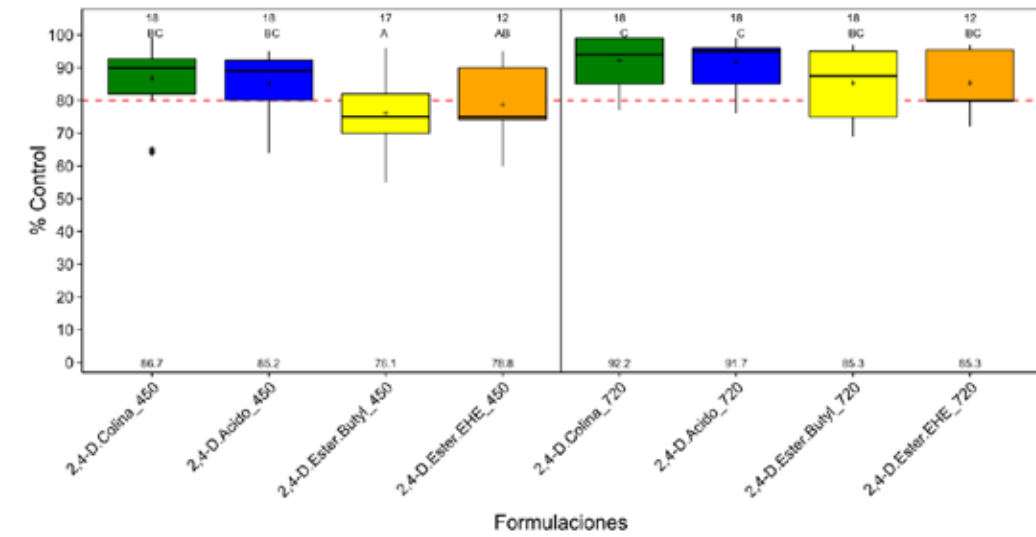
Tratamiento	Nombre comercial	Activo	Concentración g e.a. l <sup>-1</sup>	Dosis g e.a. ha <sup>-1</sup>	Dosis l ha <sup>-1</sup>
1	PANZER GOLD	glifosato ipa	480	960	2
	ENLIST	2,4-D sal colina	456	450	0,99
2	PANZER GOLD	glifosato ipa	480	960	2
	DEDALO ELITE	2,4-D ácido	300	450	1,5
3	PANZER GOLD	glifosato ipa	480	960	2
	ESTERON ULTRA S	2,4-D éster	774	450	0,58
4	PANZER GOLD	glifosato ipa	480	960	2
	HERBIFEN ADVANCE	2,4-D etilhexil	643	450	0,7
5	PANZER GOLD	glifosato ipa	480	960	2
	ENLIST	2,4-D sal colina	456	720	1,58
6	PANZER GOLD	glifosato ipa	480	960	2
	DEDALO ELITE	2,4-D ácido	300	720	2,4
7	PANZER GOLD	glifosato ipa	480	960	2
	ESTERON ULTRA S	2,4-D éster	774	720	0,93
8	PANZER GOLD	glifosato ipa	480	960	2
	HERBIFEN ADVANCE	2,4-D etilhexil	643	720	1,12
9	PANZER GOLD	glifosato IPA	480	960	2
	ATECTRA BV	dicamba DGA	480	72	0,15
10	PANZER GOLD	glifosato IPA	480	960	2
	ATECTRA BV	dicamba DGA	480	144	0,3
11	PANZER GOLD	glifosato IPA	480	960	2
	STARANE ULTRA	fluroxypir	333	166	0,5
12	PANZER GOLD	glifosato IPA	480	960	2
	LONTREL 360	clopyralid	360	72	0,2
13	PANZER GOLD	glifosato IPA	480	960	2
	TORDON 24K	picloram	240	48	0,2
14	PANZER GOLD	glifosato IPA	480	960	2
	LIBERTY	glufosinato de amonio	182,8	511,8	2,8
15	ENLIST	2,4-D sal colina	456	900	1,97
	AMS	sulfato de amonio	2% V/V	2	2,4

\*Todos los tratamientos incluyen 0,5% v/v de aceite metilado de soja.

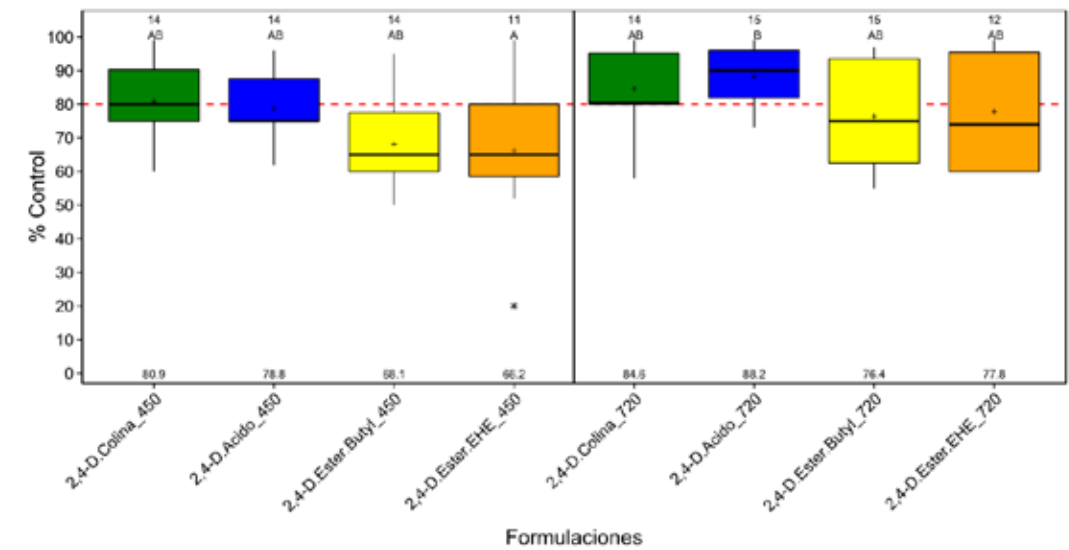
\*\* Tratamientos 1-8 dentro del diseño factorial.

**Cuadro 3.** Media y desviación estándar del control de *A. hybridus* a los 25 y 40 DDA según los factores dosis y formulaciones. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas en los valores medios dentro de cada columna.

Factores	25 DDA			40 DDA		
	Control medio (%)	Desviación estándar	Control medio (%)	Desviación estándar	Control medio (%)	Desviación estándar
<b>Dosis</b>						
450	82	A	11,10	74	A	15,82
720	89	B	8,74	82	A	13,95
<b>Formulación</b>						
2,4-D ácido	88	B	8,50	84	B	10,40
2,4-D éster butílico	81	A	11,28	72	A	15,46
2,4-D éster etil hexílico	82	AB	11,05	72	A	19,87
2,4-D sal colina	89	B	8,97	83	B	11,90



**Figura 1.** Control (%) de *A. hybridus* a los 25 DDA según las dosis y formulaciones en seis localidades de acuerdo a un análisis "box and whiskers". Letras iguales indican que no hay diferencias significativas (P<0,05) en los valores medios dentro de cada columna.



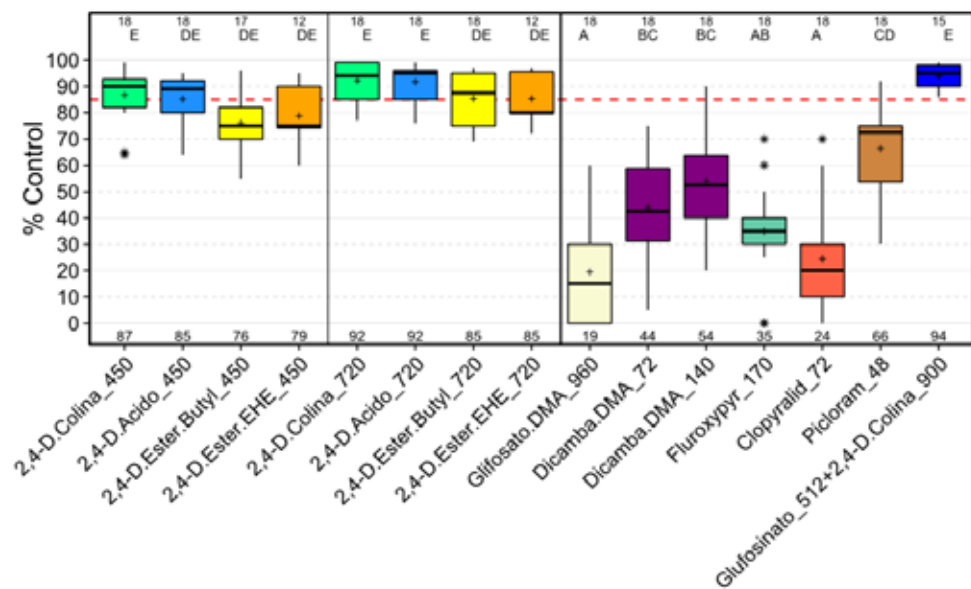
**Figura 2.** Control (%) de *A. hybridus* a los 40 DDA según las dosis y formulaciones en seis localidades de acuerdo a un análisis "box and whiskers". Letras iguales indican que no hay diferencias significativas (P<0,05) en los valores medios dentro de cada columna.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para las condiciones de las seis localidades no hubo interacción A x B (dosis x formulación) en los 2 momentos evaluados. Analizando los factores se observó que hubo diferencias significativas entre dosis en el control de *A. hybridus* a 25 DDA, pero no a los 40 DDA. También hubo diferencias entre la

formulación éster butílico versus las formulaciones colina y ácido a los 25 DDA y entre formulaciones colina y ácido versus las formulaciones ésteres butílico y etilhexílico a los 40 DDA (Cuadro 3).

Al comparar todos los tratamientos, a los 25DDA se observaron diferencias significativas (p= 0,05) entre formulaciones 2,4-D éster butílico y éster etil hexí-



**Figura 3.** Control (%) de *A. hybridus* a los 25 DDA en seis localidades con distintos herbicidas auxínicos (g e.a. ha<sup>-1</sup>) de acuerdo a un análisis "box and whiskers". Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ( $P<0,05$ ) en los valores medios dentro de cada columna.

lico a la dosis más bajas con respecto a las formulaciones sal colina y ácido a las dosis más altas (Figura 1). A los 40 DDA (Figura 2) hubo diferencias significativas entre formulaciones 2,4-D éster butílico a baja dosis y la formulación ácida a alta dosis.

Estos resultados indican el mejor control de las formulaciones de 2,4-D sal colina y ácido, probablemente asociado a la pérdida de eficacia de los ésteres en aplicaciones con temperaturas elevadas, debido a la volatilización que presentan. Que He & Sutherland (1981) reportaron que los ésteres de cadena corta (C1 a C4) son más volátiles que el ácido puro, mientras que los ésteres

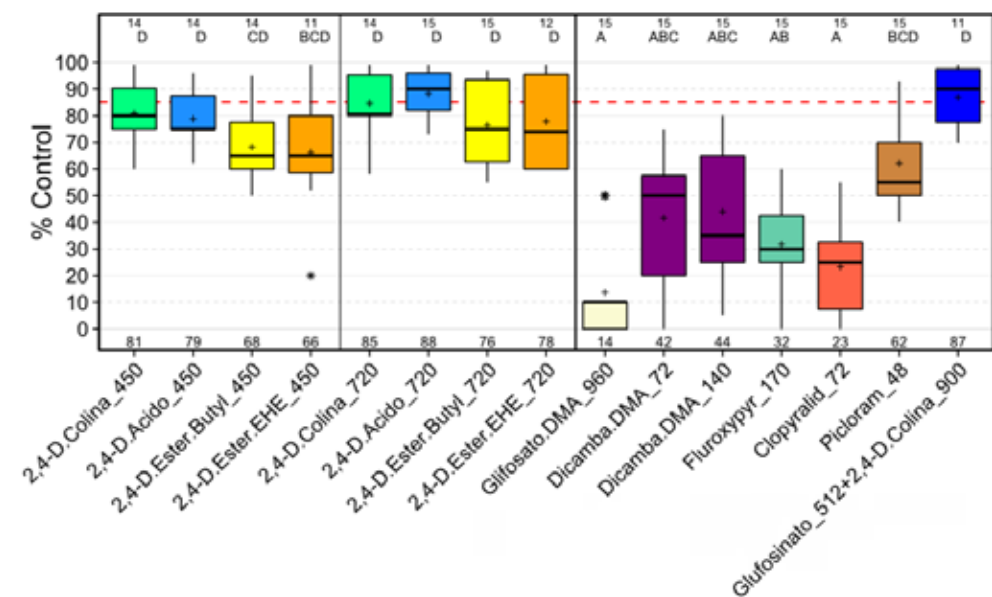
de cadena larga (C8) son mucho menos volátiles. También, Dexter (1993) informó que la volatilización de las sales en condiciones ideales de temperatura de aplicación es despreciable, mientras que los ésteres, en mayor o menor medida, siempre producen vapores a temperaturas normales de aplicación. La formulación de la sal colina presenta una altísima estabilidad incluso cuando es expuesta a condiciones desafiantes en términos de alta temperatura y baja humedad relativa (Montoya, 2017). Un experimento realizado en Canadá demostró que un 3 a 4 % tanto de 2,4-D sal como éster de alta volatilidad se desviaron fuera de la zona de destino en

**En las diferentes localidades los tratamientos con 2,4-D lograron mejor control que los demás herbicidas, tanto a los 25 DDA como a los 40 DDA**

forma de gotas. Sin embargo, el éster derivado fuera del blanco en forma de vapor sumó 25 a 30 % adicional en los primeros 30 minutos después de aplicar, mientras que ningún movimiento adicional fue detectado en la formulación sal amina (Grover *et al.* 1972). Estos resultados también coinciden con los obtenidos por Juan y col. (2019) en otra maleza como *Brassica rapa* donde se observan controles superiores con formulaciones sal colina y ácido versus formulaciones dimetil-amina (DMA 48%) y éster butílico.

El análisis estadístico de todos los tratamientos realizados en las diferentes localidades mostró diferencias significativas entre los tratamientos con 2,4-D y los demás herbicidas, tanto a los 25 DDA como a los 40 DDA. Exceptuando a picloram que a los 40 DDA tuvo un control similar a 2,4-D (Figuras 3 y 4). A los 25 DDA, los tratamientos de 2,4-D a dosis alta (720g e.a.ha<sup>-1</sup>) y la mezcla de 2,4-D más glufosinato de amonio lograron controles eficaces de *A. hybridus* (mayor a 85%, marcado con línea

punteada roja en las figuras), para la dosis más baja solo la sal colina y el ácido superaron ese umbral. A los 40 DDA los tratamientos de 2,4-D en ambas dosis, sumados a la mezcla de 2,4-D con glufosinato de y el tratamiento de picloram, no difirieron significativamente. Trabajos previos realizados por Baez Buchanan y De Esteban en el cultivo de maíz (datos sin publicar) indican que el efecto de picloram es muy dependiente del tamaño de la maleza. Los tratamientos con hormonales como dicamba, fluroxipir y clopyralid presentaron una gran dispersión, con controles promedio muy por debajo de los estándares comerciales tolerados para la maleza. El tratamiento con glifosato solo, presentó controles por debajo del 20%, sugiriendo que los biotipos evaluados presentaban resistencia a este herbicida. El tratamiento de glufosinato más 2,4-D es el que mayor contundencia presentó para el control de estas especies, siendo el único tratamiento sin adición de glifosato. Este resultado coincide con investigaciones para el control de espe-



**Figura 4.** Control (%) de *A. hybridus* a los 40 DDA en seis localidades con distintos herbicidas auxínicos (g e.a. ha<sup>-1</sup>) de acuerdo a un análisis "box and whiskers". Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ( $P<0,05$ ) en los valores medios dentro de cada columna.



cies del mismo género como *A. palmeri* que pudo controlarse teniendo 13 a 36 cm de altura con mezclas de tanque de glufosinato más 2, 4-D o dicamba en un experimento sin cultivo (Norsworthy 2011a). Chafin *et al.* (2010), Merchant *et al.* (2011) y York *et al.* (2012) también informaron el buen control de *A. palmeri* de 15 a 20 cm de altura en aplicaciones con una mezcla de glufosinato y 2, 4-D o dicamba.

### CONCLUSIONES

Para las condiciones de las seis localidades no hubo interacción A x B (dosis x formulación) para el control de *A. hybridus* en los dos momentos evaluados.

En cuanto al efecto dosis, a los 25 DDA el control de *A. hybridus* fue significativamente menor a la dosis 450 g e.a.ha<sup>-1</sup> que a la de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> de 2,4-D, mientras que a los 40 DDA no se observaron diferencias significativas.

En cuanto al efecto formulación, a los 25 DDA el 2,4-D éster butílico tuvo menor control que las formulaciones 2,4-D

colina y 2,4-D ácido y a los 40 DDA los 2,4-D ésteres butílico y etilhexílico tuvieron menor control que las formulaciones 2,4-D colina y 2,4-D ácido.

El control de *A. hybridus* fue significativamente diferente entre las formulaciones de 2,4-D colina y ácido y las formulaciones éster (83% versus 72% respectivamente) a los 40 DDA.

En las diferentes localidades los tratamientos con 2,4-D lograron mejor control que los demás herbicidas, tanto a los 25 DDA como a los 40 DDA. Exceptuando a picloram que a los 40 DDA tuvo un control similar a 2,4-D.

Los resultados obtenidos permiten diferenciar la calidad de las principales formulaciones de 2,4-D disponibles en el mercado para el control de *A. hybridus* resistentes a glifosato, además de contrastar la eficacia de control de 2,4 D con diferentes herbicidas auxínicos en condiciones de campo, en donde es común encontrar gran variabilidad en el tamaño de esta maleza. «

### Bibliografía

BAEZ BUCHANAN M, DE ESTEBAN ME (2017) Post emergence application of Picloram on AMASS. Efficacy trials Southern Cone 2016-2017 (inédito). Dow Agrosciences R&D.

CHAFIN JE, CULPEPPER AS, BRAXTON LB (2010) Palmer amaranth, benghal dayflower, carpetweed, pitted morningglory, and broadleaf signal grass response to glufosinate applied alone or mixed with 2,4-D or dicamba. En: Proceedings of the 2010 Beltwide Cotton Conference, 1670. National Cotton Council of America, Cordova, Tennessee.

DEXTER AG (1993). Herbicide spray drift. North Dakota State University Extension Publication A-657. Disponible en: <https://www.mssoy.org/uploads/files/ndsu-ext-a-657.pdf>. Último acceso: 24 de septiembre de 2018

FACCINI DE, NISENSOHN LA (1994) 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 Agropecuária Brasileira 29, 7, 1041-1050.

GROVER R, MAYBANK J.; YOSHIDA Y (1972) Droplet and vapor drift from butyl ester and dimethylamine salt of 2,4-D. Weed Science 20, 320-324.

HORAK MJ, PETERSON DE (1995) Biotypes of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and common waterhemp (*Amaranthus rudis*) are resistant to imazethapyr and thifensulfuron. Weed Technology 9, 1, 192-195.

JUAN VF, NUÑEZ FRÉ F, SAINT-ANDRÉ H (2019) Revista técnica cultivos de invierno 2019, 122-127. Red de innovadores AAPRESID.

KISSMANN KG & GROTH D (1999) Plantas infestantes e nocivas. 2nd. ed. São Paulo: BASF.

LEGUIZAMON E, FACCINI D, NISENSOHN L et al. (1994) Funciones de daño y cálculo de pérdidas por malezas en el cultivo de soja. Informe Técnico INTA 296, 1-19.

LOPEZ DE SABANDO M & ARRIAGA E (2015) Malezas problema: yuyo colorado. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: [https://inta.gov.ar/sites/default/files/malezas\\_problema\\_yuyo\\_colorado.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/malezas_problema_yuyo_colorado.pdf). Último acceso: 1 de octubre de 2020.

MANLEY BS, WILSON HP & HINES TE (1996) Smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and livid amaranth (*A. lividus*) response to several imidazolinone and sulfonyleurea herbicides. Weed Technology, 4, 4, 835-841.

MAXWELL BD & MORTIMER AM (1994) Selection for herbicide resistance. En: Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry (Eds: POWELS SB, HOLTUM JAM), 1-25. Lewis, Boca Raton, USA.

MERCHANTR, CULPEPPER AS, YORK AC & STECKEL LE (2011) Weed response to glufosinate applied alone or mixed with 2,4D or dicamba in Georgia, North Carolina, and Tennessee. En: Proceedings of the 2011

Beltwide Cotton Conference, 1558. National Cotton Council of America, Cordova, Tennessee.

MEYER CJ, NORSWORTHY J, YOUNG B et al. (2015) Herbicide program approaches for managing glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and waterhemp (*Amaranthus tuberculatus* and *Amaranthus rudis*) in future soybean-trait technologies. Weed Science, 29, 4, 716-729.

MITHILA J, CHRISTOPHER HALL J, JOHNSON WG, KELLEY KB & RIECHERS DE (2011) Evolution of resistance to auxinic herbicides: historical perspectives, mechanisms of resistance, and implications for broadleaf weed management in agronomic crops. Weed Science 59, 4, 445-457.

MONTOYA JC & PORFIRI C (2017) Estudio de la volatilidad de diferentes formulaciones de 2,4-D. XXV Congreso AAPRESID "Kairos". Disponible en: <https://2017.congresoaaapresid.org.ar/wp-content/uploads/2017/08/Montoya-Estudio-de-la-volatilidad-de-diferentes-formulaciones-de-24-D.pdf>. Último acceso: 1 de octubre de 2020.

NETER J & WASSERMAN W (1974) Applied linear statistical models. Homewood, Richard D. Irwin. 842p.

NORSWORTHY JK (2011) Influence of weed size on Palmer amaranth and pitted morningglory control with combinations of glufosinate, dicamba, and 2,4-D. En: Proceedings of the 2011 Beltwide Cotton Conference, 1545. National Cotton Council of America, Cordova, Tennessee.

PORTUGUEZ RA, BARRANTES MORA JC & BOLLAÑOS PORRAS J (2002) Evaluación de 9 herbicidas utilizados para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de la caña de azúcar en la Región Sur. Liga agrícola e industrial de la caña de azúcar Dirección Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA. Boletín técnico, 14p.

QUE HEE SS & SUTHERLAND RG (1974) Volatilization of various esters and salts of 2,4-D. Weed Science, 22, 313-318.

SAARI LL, COTTERMAN JC, RHILL DC (1994) Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. En: POWLES S B & HOLTUM JAM. (Ed.). Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry, 83-139. Lewis, Boca Raton, USA.

SHENK M, FISCHER A & VALVERDE B (1979) Principios básicos sobre el manejo de malezas. Colegio Zamorano. San Pedro Sula, Honduras. 221 p

WARWICK SI (1991) Herbicide resistance in weedy plants: physiology and population biology. Annual Review of Ecology and Systematics, Palo Alto, 22, 1, 95-114.

YORK AS, CULPEPPER L, SOSNOSKIE & BOLLMAN S (2012) Palmer amaranth management in dicamba/glufosinate tolerant cotton. En: 2012 Proceedings of the Southern Weed Science Society, 98. Las Cruces, New Mexico.



## Aporte de diferentes herbicidas hormonales al control químico de rama negra (*Conyza sumatrensis*) en un barbecho corto previo a un cultivo estival

**Papa, J.C.; García, A. V.**  
Protección Vegetal, Manejo de Malezas de la EEA  
Oliveros del INTA. Ruta Nac. 11, km 353, 2206, Oliveros,  
Santa Fe, Argentina.  
papa.juan@inta.gob.ar; garcia.andrea@inta.gob.ar.

Citar como: Aporte de diferentes herbicidas hormonales al control químico de rama negra (*Conyza sumatrensis*) en un barbecho corto previo a un cultivo estival. *Malezas* 4, 64-71.

### RESUMEN

*Conyza sumatrensis* (rama negra) pertenece a la familia de las asteráceas, es una especie anual que ha invadido un área de magnitud significativa en la región pampeana argentina. Si bien cuando las plantas se encuentran en estado de roseta pequeña son relativamente sensibles a diversos tratamientos herbicidas, con alta frecuencia el abordaje del problema es tardío y en tales circunstancias el control químico se dificulta. El objetivo de este experimento fue determinar la contribución de diferentes herbicidas hormonales al control químico (tratamiento simple) de plantas de rama negra. Los tratamientos estuvieron constituidos por una combinación basada en glifosato con saflufenacil y aceite vegetal metilado a la que se le adicionaron los herbicidas hormonales 2,4-D, dicamba, clopyralid, fluroxypyr, picloram y la mezcla de 2,4-D con dicamba. Los porcentajes de control con respecto al testigo sin tratar, se determinaron visualmente a los 15, 30 y 45 días luego de la aplicación. La inclusión de los herbicidas hormonales realizó una contribución positiva al control de la maleza respecto al tratamiento sin ellos. El 2,4-D manifestó el mejor desempeño con valores iguales o superiores al 80% y estadísticamente similar a su combinación con dicamba, el cual no aportó estadísticamente a un impacto superior. El fluroxypyr y el

picloram, finalmente tuvieron un impacto similar al 2,4-D, pero con una velocidad de acción menor. El clopyralid tuvo un desempeño inicial similar a fluroxypyr y a picloram no obstante su eficacia terminó cayendo como consecuencia de los rebrotes posteriores. Es necesario considerar estrategias de manejo donde los herbicidas se integren armónicamente con métodos no químicos.

**Palabras clave:** herbicidas, malezas resistentes, manejo integrado

### SUMMARY

*Conyza sumatrensis* (fleabane) belonging to the asteraceae family, is an annual species that has invaded an area of significant magnitude in the Argentine Pampas region. Although when the plants are in small rosette stage they are relatively sensitive to various herbicide treatments, with high frequency the problem is faced late and in such circumstances chemical control is difficult. The objective of this experiment was to determine the contribution of different hormonal herbicides to the chemical control (single treatment) of fleabane plants. The treatments consisted of a combination based on glyphosate with saflufenacil and methylated vegetable oil to which the hormonal herbicides 2,4-D, dicamba, clopyralid, fluroxypyr, picloram and the mixture of 2,4-D with dicamba were added. The percentages of control



with respect to the untreated treatment were determined visually at 15, 30 and 45 days after application. The inclusion of hormonal herbicides made a positive contribution to weed control compared to treatment without them. The 2,4-D showed the best performance with values equal to or greater than 80% and statistically similar to its combination with dicamba, which did not statistically contribute to a superior impact. Fluroxypyr and picloran, although with an action speedless than 2,4-D, finally had a similar impact. Clopyralid had an initial performance similar to fluroxypyr and picloran, however its efficacy ends up falling as a consequence of sprouts. It is necessary to consider management strategies where herbicides are harmoniously integrated with non-chemical methods.

**Keywords:** herbicides, resistant weeds, integrated management

### INTRODUCCIÓN

*Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker (rama negra) perteneciente a la familia asteráceas, es una especie anual que, favorecida por la modalidad productiva predominante, ha invadido un área de magnitud significativa en la región pampeana argentina. Por otra parte, el empleo intensivo y extensivo de herbicidas inhibidores de ALS (*i.e.* metsulfurón metil, clorimurón etil, sulfometurón metil, clorsulfurón, diclosulam, flumetsulam,

etc.), de alta eficacia inicial y relativo bajo costo, ejerció una fuerte presión de selección sobre las poblaciones de rama negra, resultando en la resistencia a ese grupo de herbicidas (Balassone *et al.* 2019). Este hecho obliga a reconsiderar la composición de los tratamientos así como el conjunto de prácticas empleados para el control de esta maleza. A nivel mundial se han reportado 20 casos de resistencia a herbicidas en *C. sumatrensis* a seis diferentes mecanismos de acción: inhibidores de la EPSPS, la ALS, el fotosistema I y II y la PPO y auxínicos, con cinco casos comprobados de resistencia múltiple. En 2017 se reportó en Brasil una población con resistencia múltiple a herbicidas de cinco mecanismos de acción (Heap, 2019).

La rama negra presenta un pico de emergencia principal en otoño y, eventualmente, uno de menor magnitud en la primavera. Las plantas que emergen en otoño transcurren el invierno como roseta y elongan el tallo en la primavera. Las plantas que emergen en la primavera manifiestan un período breve como roseta y como consecuencia del incremento estacional de temperaturas, rápidamente comienzan a elongar el tallo, floreciendo hacia fines de enero - principios de febrero (Metzler *et al.*, 2013). Si bien cuando las plantas se encuentran en estado de roseta pequeña son relativamente sensibles a diversos tratamientos herbicidas, frecuentemente

**Cuadro 1.** Tratamientos, herbicidas y dosis

Tratamientos	Herbicidas	Dosis (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	Marcas comerciales	Dosis producto formulado
1 (base)	Glifosato	1500	Sulfosato	506 g e.a. l <sup>-1</sup>
	Saflufenacil	24,5	Heat	70 g i.a. 100 g <sup>-1</sup>
	Aceite metilado	425	Uptake	766 g i.a. l <sup>-1</sup>
2	2,4D	2,0	Enlist	456 g e.a. l <sup>-1</sup>
3	Dicamba	72,0	Banvel	480 g e.a. l <sup>-1</sup>
4	Clopyralid	3,2	Lontrel	360 g e.a. l <sup>-1</sup>
5	Picloran	28,8	Tordon 24 K	240 g e.a. l <sup>-1</sup>
6	Fluroxypyr	132,2	StaraneXtra	333 g e.a. l <sup>-1</sup>
7	2,4D + Dicamba	912 + 72	Enlist + Banvel	456 + 480 g e.a. l <sup>-1</sup>
8	Testigo (sin control)	0		0



Tecnología japonesa líder  
para el campo argentino.

En Summit Agro impulsamos una nueva forma de concebir la protección de cultivos. Con productos innovadores, que respeten al medio ambiente y a las personas y que ofrezcan alta efectividad para lograr soluciones definitivas.

**Summit Agro. Tecnología japonesa líder. Hoy más líder que nunca.**

Be Green  
TecNología 

### El experimento se realizó en un lote de producción de la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros del INTA.

el abordaje del problema es tardío. En tales circunstancias, el control químico se dificulta cualquiera sea el mecanismo de acción empleado y, además, se favorece la evolución de resistencia. El punto de inflexión para esta caída en la efectividad del control se estima alrededor de los 15 cm de altura, cobrando especial relevancia las medidas de control químico tempranos (Metzler *et al.*, 2013). Además, aquellos individuos sobrevivientes a los tratamientos previos con herbicidas, que sufrieron estrés ambiental o fueron cortados por la cosechadora, generalmente exhiben baja sensibilidad a los tratamientos posteriores (Papa *et al.*, 2010), siendo necesario recurrir a procedimientos de rescate como la técnica de “doble golpe” o incluso las labranzas. Las plantas jóvenes, que prosperaron en un ambiente favorable, pueden controlarse satisfactoriamente con herbicidas con acción “quemante” (*i.e.* inhibidores de PPO)

combinados con un herbicida hormonal y glifosato. El objetivo de este experimento fue determinar la contribución de diferentes herbicidas hormonales al control químico (como tratamiento simple) de plantas de rama negra, tratadas con una combinación de base integrada por saflufenacil (PPO) con glifosato y aceite vegetal metilado.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un lote de producción de la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros del INTA. En el mismo había una población de *Conyza sumatrensis* constituida por plantas jóvenes del año, en estado vegetativo, con tallos elongados, entre 15 y 18 cm de altura y sin estrés previo o actual. Los tratamientos estuvieron constituidos principalmente por una combinación de un tratamiento de base conformado por glifosato con saflufenacil y aceite vegetal metilado a los que se les adicionaron



## Innovación para un futuro sustentable.

En **Sumitomo Chemical** trabajamos desde hace más de 100 años para y con el mundo. Innovamos y desarrollamos soluciones pensando en el crecimiento del campo.

[agro.ar.sumitomochemical.com](http://agro.ar.sumitomochemical.com)

 **SUMITOMO CHEMICAL**



@sumitomochemicalargentina



@sumitomochem\_ar



@sumitomochemicalargentina



Sumitomo Chemical Argentina

**Cuadro 2.** Control de rama negra (*C. sumatrensis*) según los tratamientos evaluados a los 15, 30 y 45 DDA

Tratamiento	Control (%)					
	15 DDA		30 DDA		45 DDA	
1	62	c	52	e	47	c
2	82	a	83	a	80	a
3	65	c	58	d	50	c
4	77	b	72	c	63	b
5	78	b	80	ab	80	a
6	78	b	79	b	78	a
7	80	ab	82	ab	79	a
8	0	d	0	f	0	d

Los valores seguidos de igual letra en la columna y para cada momento de evaluación, no se diferencian significativamente entre sí según el test de Duncan a un nivel de  $P=0,05$

herbicidas hormonales (Cuadro 1). La aplicación se realizó el 13 de noviembre de 2019 con una "mochila" aspersora de presión constante por fuente de  $\text{CO}_2$  dotada de una barra con 4 boquillas con pastillas Teejet 8001, operando a una presión de 2 bares y erogando un caudal de  $110 \text{ l ha}^{-1}$  a una velocidad de  $4 \text{ km h}^{-1}$ .

Los porcentajes de control con respecto al testigo sin tratar, se determinaron visualmente a los 15, 30 y 45 días luego de la aplicación. Los datos de control se sometieron al análisis de la variancia previa transformación a arco seno de la raíz cuadrada del valor y luego re transformados para su presentación en el cuadro.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En casi todas las instancias de evaluación, la inclusión de los herbicidas hormonales realizó una contribución positiva al control de la maleza respecto al tratamiento sin ellos. El 2,4-D manifestó el mejor desempeño, con valores iguales o superiores a 80% y similares a su combinación con dicamba. Este último, sin el acompañamiento del 2,4-D, tuvo un impacto pobre dentro del grupo de los hormonales. Resultados similares registraron Metzler *et al.* (2013) con dosis de dicamba de al menos  $192 \text{ g e.a. ha}^{-1}$  para alcanzar un impacto similar a 2,4-D. El fluroxypyr y el picloram, si bien manifestaron una velocidad

de acción menor al 2,4-D, a los 45 DDA tuvieron un impacto similar. El clopyralid tuvo un desempeño inicial similar a fluroxypyr y picloram, no obstante, su eficacia terminó cayendo como consecuencia de rebrotes de las plantas de rama negra. A los 45 DDA, el máximo porcentaje de control alcanzado osciló entre 78 y 80% lo que puede deberse a que los tratamientos se realizaron sobre individuos elongados y en un estado en el cual un doble golpe clásico probablemente, hubiese aportado un control superior (Cuadro 2). Gigon *et al.* (2014) obtuvieron resultados similares pero con un mayor impacto de la combinación de 2,4-D con dicamba aplicada sobre plantas de rama negra más pequeñas. La diversidad de resultados registrados a nivel experimental y de manejo pone de manifiesto la elevada plasticidad de esta maleza ante variaciones del ambiente asociada a una variabilidad genotípica y/o fenotípica. Esto le otorga a esta maleza la capacidad de sobrevivir frente a las distintas adversidades a las que se puede ver expuesta, incluidas las medidas de control químico (Leoni *et al.*,

2015). También pone en evidencia que insistir en el manejo focalizado exclusivamente en unos pocos herbicidas de elevada eficacia y relativo bajo costo, es una estrategia de éxito breve que resta sustentabilidad al sistema productivo, en especial en un contexto donde los principios activos con actividad herbicida no son fácilmente sustituibles y se renuevan a una tasa extremadamente baja. Es necesario considerar entonces estrategias de manejo donde los herbicidas se integren armónicamente con métodos no químicos.

### CONCLUSIONES

Para las condiciones en las que se realizó este experimento podemos concluir que el 2,4-D y su combinación con dicamba así como picloram, fluroxypyr y clopyralid contribuyeron positivamente al control de la rama negra, superando a los tratamientos de base y dicamba. El dicamba combinado con 2,4-D no incrementó el impacto logrado con 2,4-D solo. El efecto del clopyralid no se sostuvo hasta el final debido a los rebrotes posteriores. «



### BIBLIOGRAFÍA

BALASSONE F, TUESCA D, PURICCELLI E & FACCHINI 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). Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2019/08/Reporte-de-resistencia-a-ALS-en-Conyza-sumatrensis-Argentina-Balassone-Tuesca.pdf>. Último acceso: 01 de agosto de 2019

GIGON R & ISTILART C (2014) Control de *Conyza* sp. en barbecho largo para soja. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_barrow\\_-\\_control\\_de\\_conyza\\_sp\\_en\\_barbecho\\_largo\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_control_de_conyza_sp_en_barbecho_largo_.pdf). Último acceso: 14 de Abril de 2017.

HEAP I (2019) Informe de malezas resistentes a herbicidas. Disponible en <http://www.weedscience.org/Pages/Species.aspx>. Último acceso: 21 de Agosto 2020.

LEONI A *et al.* (2015) Resistencia a herbicidas y manejo de rama negra (*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist

en la región sud-este de Córdoba. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Área de Consolidación de Sistemas Agrícolas de Producción Extensivos. Trabajo Académico Integrador. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1858/Leoni%20-%20Tabasso%20-%20RESISTENCIA%20A%20HERBICIDAS%20Y%20MANEJO%20DE%20RAMA%20NEGRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Último acceso: 21 de Agosto 2020.

METZLER M *et al.* (2013) Manejo y Control de rama negra. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2013/10/Metzler.-Manejo-y-control-de-Rama-negra.pdf>. Último acceso: 21 de Agosto 2020.

PAPA JC *et al.* (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 45, 95-90. INTA Oliveros.

## Respuesta a herbicidas con diferentes modos de acción (HRAC) en poblaciones de *Amaranthus hybridus* L. de la Argentina

Scursoni JA<sup>1</sup>, Vila Aiub MM<sup>1,2</sup>, Tuesca D<sup>3</sup>, Balassone F<sup>3</sup>, Morello JP<sup>1</sup>, Medina Herrera D<sup>1</sup>, Lescano C<sup>3</sup>, Montero Bulacio N<sup>3</sup>, Crespo RJ<sup>3</sup> y Depetris M<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. <sup>2</sup>IFEVA/CONICET

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

Citar como: Scursoni et al. (2020) Respuesta a herbicidas con diferentes modos de acción (HRAC) en poblaciones de *Amaranthus hybridus* L. de la Argentina. *Malezas* 4, 72-84.

### RESUMEN

*Amaranthus hybridus* L. (yuyo colorado) es actualmente una de las especies maleza más problemáticas en los sistemas de producción de cultivos primavera estivales. Durante diciembre y febrero (2018-2019) se estudió en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR y la Facultad de Agronomía de la UBA, la respuesta a distintos herbicidas de 50 poblaciones de *A. hybridus*. Los individuos de cada una de las poblaciones estudiadas se obtuvieron a partir de semillas cosechadas en lotes de producción de soja de diferentes áreas de producción, durante la campaña 2017-18. Se evaluó la respuesta a 2,4-D (1140 g e.a. ha<sup>-1</sup>), dicamba (560 g e.a. ha<sup>-1</sup>), fomesafén (250 g ha<sup>-1</sup>), topramezone (34 g ha<sup>-1</sup>) y glifosato (1080 g e.a. ha<sup>-1</sup>). Los herbicidas se aplicaron en cabina estática con un volumen de 140 l ha<sup>-1</sup> y sobre plantas entre 2 a 6 hojas. A los 30 días de aplicados se cuantificó la supervivencia de individuos para cada tratamiento. En el conjunto de las poblaciones 84% y 76% fueron absolutamente susceptibles (supervivencia 0%) a 2,4-D y dicamba, respectivamente. No se identificaron poblaciones absolutamente susceptibles a los otros herbicidas evaluados.

El 43%, 72% y 82% de las poblaciones presentaron supervivencia mayor a 60% a fomesafén, topramezone y glifosato, respectivamente. Más del 90% de las poblaciones presentaron elevados valores de supervivencia a glifosato, sin embargo, siguen encontrándose algunas susceptibles. Las diferencias en los valores de supervivencia permiten inferir la existencia de variabilidad genética para estos modos de acción, sobre la que podrían actuar los herbicidas, promoviendo procesos de selección de resistencia. Los resultados obtenidos sugieren la necesidad prioritaria de aplicar otras prácticas de manejo culturales que conserven la utilidad y la eficacia de los diferentes herbicidas, particularmente de los auxínicos.

**Palabras clave:** herbicidas auxínicos, fomesafen, topramezone, glifosato.

### SUMMARY

*Amaranthus hybridus* L. (pigweed) is currently one of the most problematic weed species in spring-summer crop production systems. During December and February (2018-19) the response to different herbicides from fifty populations of *A. hybridus* was studied at the Faculty of Agronomy (UNR) and the Faculty of



Agronomy (UBA). Individuals from each of the studied populations were obtained from seeds harvested in soybean fields from different production areas, during the 2017-18 season. The response to 2,4-D (1140 g e. a.ha<sup>-1</sup>), Dicamba (560 g e.a. ha<sup>-1</sup>), Fomesafén (250 g ha<sup>-1</sup>), Topramezone (34 g ha<sup>-1</sup>) and Glyphosate (1080 g e.a. ha<sup>-1</sup>) were evaluated. Herbicides were applied in a static cabin with volume of 140 l ha<sup>-1</sup> and 30 days after application, the survival of individuals was quantified for each treatment. In all the populations, 84% and 76% were absolutely susceptible (survival 0%) to 2,4-D and Dicamba, respectively. There were not totally susceptible populations to the other herbicides evaluated. The 43%, 72% and 82% of the populations presented survival greater than 60% to fomesafén, topramezone and glyphosate, respectively. More than 90% of the populations presented high glyphosate survival values, however some susceptible ones are still found. The differences in survival values allow us to infer the

existence of genetic variability for these modes of action, on which herbicides could act, promoting resistance selection processes. The results obtained suggest the priority to apply management practices that preserve the usefulness and efficacy of different herbicides, particularly auxinics.

**Key words:** auxinic herbicides, fomesafén, topramezone, glyphosate.

### INTRODUCCIÓN

Argentina es actualmente el tercer productor mundial de soja (53 millones de t), siguiendo a Brasil (131 millones de t) y Estados Unidos (112 millones de t) (CAPECO, 2020). La siembra de soja se incrementó a razón de 0,9 millones ha año<sup>-1</sup> durante los primeros quince años desde la incorporación de los materiales transgénicos resistentes a glifosato en 1996, habiéndose alcanzado casi la totalidad del área sembrada con materiales GR (resistentes a glifosato) en un período aproximado de 6 a

**Los resultados obtenidos sugieren la necesidad prioritaria de aplicar prácticas de manejo que conserven la utilidad y eficacia de los diferentes herbicidas, en este caso, particularmente los auxínicos.**

7 años (Ministerio de Agricultura, 2020, ArgenBio, 2020). La incorporación de la soja transgénica evolucionó paralelamente a la adopción del sistema de siembra directa. Se estima que el 90 % de la superficie sembrada con cultivos de producción de granos en la Argentina, se realiza en siembra directa (AAPRESID, 2020), lo cual generó un significativo incremento del uso de herbicidas durante el período de barbecho (barbecho químico), particularmente de glifosato. Más allá de las ventajas conservacionistas de la siembra directa, la masiva utilización de herbicidas y la escasa adopción de prácticas alternativas tales como cultivos de cobertura (Scursoni *et al.* 2019), conformaron un escenario favorable para la selección de poblaciones de malezas resistentes. El primer caso de resistencia en la Argentina corresponde a *Amaranthus quitensis* L. (sinónimo de *A. hybridus*, nombre común yuyo colorado), resistente a herbicidas inhibidores de ALS registrado en 1996 (Tuesca & Nisensohn, 2001). Posteriormente en 2005, se documentó *Sorghum halepense* (L.) Pers. resistente a glifosato (Heap, 2020) y actualmente se encuentran registradas 21 especies con un total de 39 biotipos resistentes a herbicidas, predominando la resistencia a glifosato (REM, 2020). Entre las diferentes especies citadas con resistencia a herbicidas, *Amaranthus hybridus* L. es la segunda en cantidad de hectáreas afectadas, detrás de *Conyza* spp. (REM, 2020).

*A. hybridus* es una especie anual, per-

teneciente a la familia de las Amaranáceas que genera severas pérdidas de rendimiento en cultivos. Vitta *et al.* (2000), registraron pérdidas de rendimiento del orden de 20% cuando la cobertura de la maleza en la etapa inicial del cultivo fue de 20%.

La polinización en *A. hybridus* es predominantemente autógama (Brenner *et al.* 2000, Costea *et al.* 2001), llegando a producir más de 250.000 semillas por planta en condiciones sin competencia y conteniendo 2800 semillas por gramo (Sellers *et al.* 2003). Las semillas son dispersadas por el viento, los animales, los pájaros y mediante la maquinaria agrícola. Schwartz *et al.* (2016), en estudios realizados con *A. palmeri* S. Wats. y *A. retroflexus* L. registraron alta retención de semillas en planta al momento de madurez del cultivo de soja. Esta característica representa un interesante potencial biológico para su manejo mediante la captura o destrucción de semillas al momento de cosecha. No obstante, dadas las diferencias en fenología de las distintas especies, debería ajustarse este método al caso de *A. hybridus*.

La adopción del sistema de siembra directa favoreció la expansión de *A. hybridus*, así como de otras especies tales como *Conyza* spp., *Echinochloa colona* (L.) Link, *Eleusine indica* (L.) Gaertn., que por su pequeño tamaño de semilla emergen favorablemente desde la superficie o estratos subsuperficiales del suelo (Buhler, 1992, Cardina *et al.*,



syngenta



**Figura 1.** Distribución geográfica de las poblaciones evaluadas (símbolos en azul)

1991, Faccini & Vitta, 2007, Wu *et al.*, 2007, Chauhan & Johnson, 2009).

El incremento del área cubierta por *A. hybridus* representa un serio problema para los productores dada la dificultad de su control con herbicidas ante los crecientes casos de resistencia. El primer caso de resistencia en esta especie fue a inhibidores de fotosistema II. Esta especie ha adquirido resistencia a cinco diferentes sitios de acción con numerosos casos de resistencia múltiple. A la fecha se registran 32 casos de resis-



**Figura 2.** Cabina pulverizadora estacionaria utilizada en la aplicación de los tratamientos herbicidas.

tencia en el mundo de los cuales cinco corresponden a la Argentina: inhibidores de ALS (1996), inhibidores de EPSPS (glifosato, 2013), inhibidores de ALS y glifosato (2014), glifosato, 2,4-D y dicamba (2016) y 2,4-D y dicamba (2016). Es interesante destacar que los casos de resistencia a herbicidas auxínicos en *A. hybridus*, sólo se han registrado en la Argentina. En el total de casos de resistencia, los más frecuentes corresponden a herbicidas inhibidores del fotosistema II e inhibidores de ALS (Heap, 2020).

**Cuadro 1.** Tratamientos experimentales

N°	Herbicida	Dosis g i.a. ó a.e. ha <sup>-1</sup>	Dosis ml p.c. ha <sup>-1</sup>
1	2,4-D (sal colina)*	1140 a.e.	2500
2	Dicamba DGA*	560 a.e.	1600
3	Fomesafen*	250 i.a.	1000
4	Topramezone **	34 i.a.	100
5	Glifosato	1080 a.e.	2000
4	Clopyralid	3,2	Lontrel
5	Picloran	28,8	Tordon 24 K
6	Fluroxypyr	132,2	StaraneXtra
7	2,4D + Dicamba	912 + 72	Enlist + Banvel
8	Testigo (sin control)	0	

\*Agregado de coadyuvante Rizospray Extremo (200 ml ha<sup>-1</sup>)

\*\*Dash MSO Max a 250 ml ha<sup>-1</sup>



**Figura 2.** Cabina pulverizadora estacionaria utilizada en la aplicación de los tratamientos herbicidas.

En los últimos años, ante reiteradas fallas de control fueron frecuentes las consultas respecto a la presencia de poblaciones resistentes. En este marco, se planteó el presente estudio cuyo objetivo fue cuantificar la supervivencia de individuos de *A. hybridus* a tratamientos con herbicidas auxínicos (dicamba y 2,4-D), inhibidores de la HPPD (topramezone), la PPO (fomesafen) y la EPSPS (glifosato), en 50 poblaciones localizadas dentro del área de producción de soja en la Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Poblaciones evaluadas

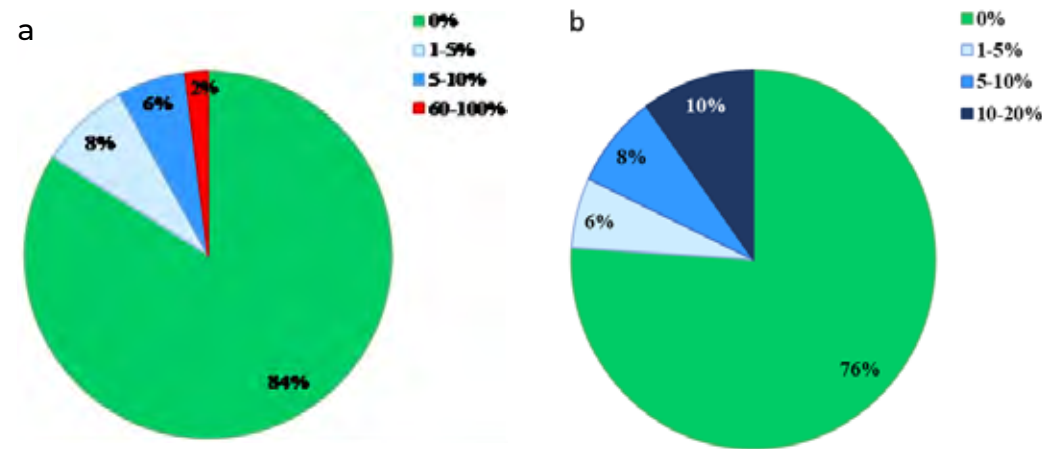
Entre febrero y abril de 2018 se recolectaron semillas de *A. hybridus* en diferentes sitios distribuidos en las provincias de Santiago del Estero, Tucumán, Chaco, Buenos Aires, La Pampa, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe (Figura 1). En total se cosecharon panojas en más de 50 lotes de producción de soja. Las panojas se trillaron posteriormente para obtener suficiente cantidad de semillas por cada sitio (población), y se seleccionaron las 50 poblaciones con mayor cantidad de semillas.

### Establecimiento de plántulas

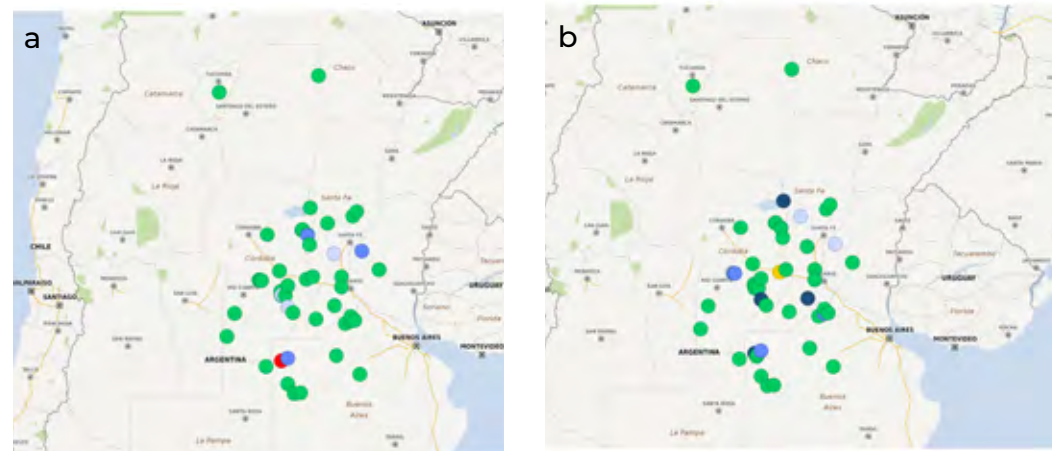
Los experimentos se llevaron a cabo en dos sitios (**Sitio 1:** Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA) y **Sitio 2:** Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Rosario (FCA-UNR). En la FAUBA, las semillas se sembraron en cajas con AGAR (0,8% v/v) y se incubaron a temperaturas alternadas de 20/30°C (12h/12h), hasta lograr plántulas adecuadas para su trasplante definitivo a macetas de 0,5 l. En la FCA-UNR, las semillas se colocaron en cajas de Petri con papel de filtro humedecido y se incubaron a temperaturas alternadas de 25/35°C (10h/14h). A las 24-48 horas se trasplantaron las semillas pre-germinadas en macetas de 0,5 l. En ambos sitios las plántulas se mantuvieron en condiciones controladas de humedad durante todo el experimento.

### Tratamientos y diseño experimental

En ambos sitios, el diseño experimental fue en bloques completos y aleatorizados, con 6 repeticiones de cada tratamiento y 4 plantas por repetición, totalizando 24 plantas/tratamiento. Se



**Figura 4.** Distribución de la supervivencia a 2,4-D (a) y Dicamba (b) en el total de las poblaciones estudiadas a los 30 DDA (los colores de los cuadrados del margen superior indican los niveles de supervivencia).



**Figura 5.** Distribución de la supervivencia a 2,4-D (a) y Dicamba (b) en el total de las poblaciones estudiadas a los 30 DDA (los colores de los cuadrados del margen superior indican los niveles de supervivencia).

realizaron 6 tratamientos, incluyendo el testigo sin herbicida (Cuadro 1).

#### Aplicación de herbicidas y evaluación

La aplicación de los herbicidas se realizó empleando cabinas pulverizadoras estacionarias (Figura 2) con una presión de trabajo de 3 bares y volúmenes de aplicación de 116 y 140 l ha<sup>-1</sup> en la FAUBA

y la FCA-UNR, respectivamente. En el promedio de las poblaciones y tratamientos, las plantas se encontraban en un estado de 2 a 7 hojas al momento de aplicar los herbicidas (Figura 3).

A los 30 días después de la aplicación (DDA) se realizó la evaluación de supervivencia, expresada como la proporción de individuos sobrevivientes respecto al total establecidos en cada repetición

(maceta). Se consideró individuo sobreviviente todo aquel con presencia de área fotosintética al momento de evaluación.

#### Análisis y presentación de datos

Para cada tratamiento, los valores de supervivencia (%) se calcularon considerando el promedio de la relación entre plantas vivas por repetición respecto al total de plantas presentes antes de la aplicación. Posteriormente, para su presentación, los resultados se agruparon en diferentes rangos de supervivencia variables entre tratamientos y posteriormente se expresó la proporción (%) de poblaciones correspondiente a cada rango de supervivencia.

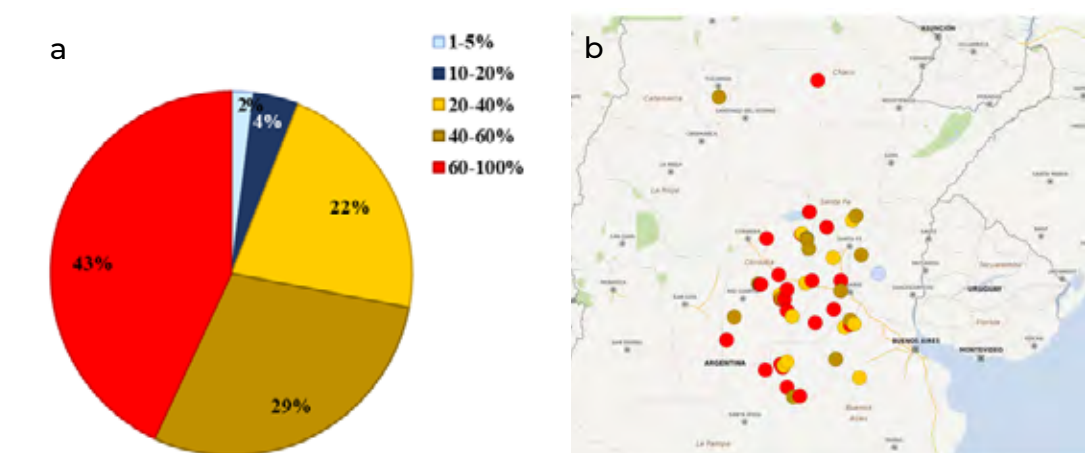
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Herbicidas auxínicos

En el conjunto de las poblaciones estudiadas, la supervivencia a los tratamientos con herbicidas auxínicos fue menor que con los demás tratamientos. En el caso del 2,4-D, el 84% de las poblaciones fueron totalmente susceptibles, esto es, no se hubo individuos sobrevivientes. Solo una población mostró una supervivencia mayor a 60% (Figura 4).

En el caso del tratamiento con dicamba, no se registró ninguna población con valores de supervivencia mayor a 20%. Sin embargo, el porcentaje de poblaciones con 0% de supervivencia fue menor que el registrado con 2,4-D (Figura 4). Si bien el número de plantas sobrevivientes es bajo, debe considerarse que las dosis aplicadas en ambos herbicidas hormonales son más altas que las utilizadas habitualmente, ya que se corresponden con tecnologías de materiales de soja tolerantes a 2,4-D y dicamba. En el caso de soja tolerante a 2,4-D, desarrollada por Dow Agrosciences, el gen de la proteína AAD-12 (ariloxialcanoatodioxigenasa 12), proveniente de la bacteria *Delftia acidovorans*, confiere tolerancia al herbicida 2,4-D. En el caso de dicamba, los eventos, MON-877Ø8-9/ MON-89788-1 desarrollados por Monsanto, consisten en la introducción del gen dmo proveniente de *Stenotrophomonas maltophilia* que produce la enzima dicambamonooxigenasa, la cual oxida el ácido 2-metoxi-3,6-diclorobenzoico (dicamba) (Argenbio, 2020).

Las poblaciones que mostraron valores de supervivencia >0%, se encuentran distribuidas en la zona núcleo sojera y



**Figura 6.** a- Distribución de la supervivencia a fomesafen en el total de las poblaciones estudiadas a los 30 DDA (los colores de las leyendas representan los niveles de supervivencia). b- Localización geográfica de las poblaciones con valores de supervivencia mayores a 0 (símbolos celestes/azules: 0-20%, amarillos: 20-40%, anaranjados: 40-60%, rojo: >60% supervivencia)

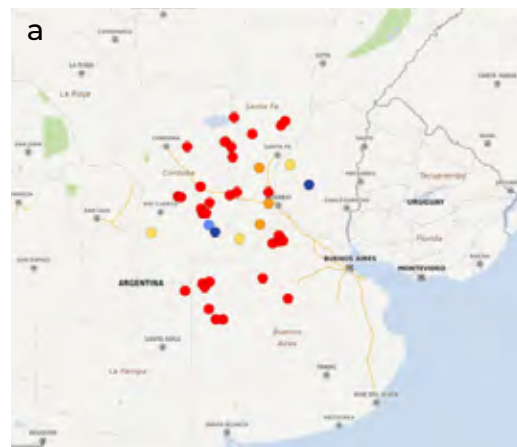


**Cuadro 2.** Frecuencia (%) de poblaciones con diferente grado de supervivencia a topramezone y glifosato.

Supervivencia (%)	Frecuencia (%)	
	Topramezone	Glifosato
0	0	2
1-5	0	4
5-10	2	2
10-20	6	0
20-40	10	4
40-60	10	6
60-100	72	82

noroeste de Buenos Aires (Figura 5). Dellaferrera *et al.* (2016), citado en Heap (2020), registraron en la zona de Santa Fe, correspondiente al área núcleo sojera, poblaciones de *A. hybridus* resistentes a 2,4-D y dicamba y otra resistente a 2,4-D, dicamba y glifosato. Estos antecedentes sumados a los resultados de este estudio, constituyen una advertencia para el futuro manejo de los genotipos de soja con tolerancia a herbicidas auxínicos. En la medida que no se aplique un criterio de manejo sustentable, evitando la reiterada y masiva adopción de estas tecnologías, es posible que la resistencia a herbicidas auxínicos se expanda significativamente en la zona.

**Inhibidor de PPO (fomesafen)**



Todas las poblaciones estudiadas presentaron individuos sobrevivientes al tratamiento con fomesafen. Esto significa que en ninguna de las poblaciones se alcanzó un 100% de mortalidad. Más del 40% de las poblaciones presentaron supervivencia mayor a 60%. A diferencia de lo observado con herbicidas auxínicos, se encontraron poblaciones con supervivencia mayor a 0% en las regiones del NOA y NEA, no pertenecientes a la zona núcleo sojera de la Argentina (Figura 6). En varias poblaciones, se observó rebrote de individuos que visualmente habían sido satisfactoriamente controlados en los primeros 10 días post aplicación. Considerando las condiciones controladas y estado de crecimiento de la maleza en que se realizó el experimento, la supervivencia de los individuos podría ser un indicador de posibles casos de resistencia. Curiosamente, hay un solo caso registrado de resistencia a inhibidores de PPO en *A. hybridus*, registrado en Bolivia. No obstante, se registró resistencia a inhibidores de PPO en *A. retroflexus* en Brasil (2014) y varios casos en *A. palmeri* y *A. tuberculatus* en Estados Unidos (Heap 2020).

**Inhibidor de HPPD (topramezone)**

En el tratamiento con aplicación de topramezone, del mismo modo que con



**Figura 7.** Distribución de la supervivencia a topramezone (a) y glifosato (b) en el total de las poblaciones estudiadas a los 30 DDA (símbolos celestes/azules: 0-20%, amarillos: 20-40%, anaranjados: 40-60%, rojo: >60% supervivencia).

**Cuadro 3.** Supervivencia (%) para cada tratamiento herbicida en cada una de las poblaciones estudiadas. En verde (0-19%), celeste (20-39%), amarillo (40-59%), rojo > 60%).

Población	2,4-D	Dicamba	Fomesafen	Topramezone	Glifosato
1	0	0	17	100	100
2	0	6	79	83	100
3	72	16	93	100	63
4	8	8	34	88	92
5	0	0	60	89	96
6	0	0	33	4	92
7	0	0	54	93	86
8	0	0	32	96	63
9	4	10	79	100	7
10	0	0	33	75	96
11	0	0	75	67	100
12	0	0	67	92	90
13	5	0	46	85	48
14	0	0	50	94	100
15	0	17	70	96	42
16	0	0	80	67	100
17	6	4	58	69	21
18	0	4	75	100	100
19	0	0	76	91	93
20	8	0	100	79	100
21	0	19	18	53	94
22	0	4	57	79	88
23	0	7	93	100	93
24	0	20	35	93	95
25	0	13	88	100	83
26	0	0	67	71	79
27	0	0	31	21	92
28	0	0	42	79	100
29	4	0	29	54	100
30	0	0	83	83	71
31	0	0	29	71	88
32	0	0	67	75	100
33	0	0	42	13	54
34	0	0	46	88	75
35	0	0	4	15	58
36	0	0	92	88	71
37	4	0	54	79	96
38	0	0	92	67	92
39	0	0	21	17	88
40	0	0	30	96	75
41	0	0	75	21	76
42	0	0	33	22	88
43	0	0	71	75	4
44	0	0	42	53	7
45	0	0	79	67	33
46	0	0	71	75	67
47	0	0	92	83	0
48	0	0	42	33	36
49	0	0	67	58	72
50	0	0	50	42	75

fomesafen, no se registró ninguna población con 100% de mortalidad. Más del 80% de las poblaciones presentaron supervivencia mayor a 40% (Cuadro 2). Asimismo, en todas las zonas relevadas, se encontraron muestras con supervivencia mayor a 0% en este tratamiento (Figura 7).

La recomendación de uso de topramezone para control de yuyo colorado incluye la mezcla con atrazina. En el presente experimento, topramezone no fue aplicado en mezcla con atrazina, lo cual puede explicar la baja performance registrada en este tratamiento. La aplicación en mezcla de ambos productos puede mostrar una respuesta sinérgica, explicada por la reducción de síntesis de plastoquinona cuando se aplica un inhibidor de HPPD. Kohrt & Sprague (2017) registraron una respuesta sinérgica en el control de poblaciones de *A. palmeri* susceptibles a atrazina cuando se aplicó mesotrione (otro principio activo perteneciente a los inhibidores de la HPPD) en mezcla con atrazina. Sin embargo, la mezcla de atrazina con topramezone o tolpirato arrojó una respuesta aditiva. Esto sugiere que el sinergismo con atrazina sería más probable con la aplicación de herbicidas de la familia de las triketonas (biciclopirona, mesotrione) que los correspondientes a benzopirazoles (topramezone, tolpirato). No se dispone de suficiente información respecto al potencial sinérgico entre atrazina y los nuevos inhibidores de HPPD tales como tembotrione, topramezone y tolpirato. Estas mezclas podrían ser de interés no sólo para el control de poblaciones resistentes sino también para disminuir la tasa de evolución de resistencia.

#### Glifosato

Más del 80% de las poblaciones presentaron supervivencia mayor a 60% (Cuadro 2). Este resultado, es representativo de la situación que usualmente se verifica en condiciones de campo donde un alto número de poblaciones se com-

portan como resistentes. No obstante, se registró una población susceptible a este tratamiento. La distribución geográfica de las poblaciones con alta supervivencia abarca las distintas regiones estudiadas (Figura 7). Estudios moleculares realizados por Perotti *et al.* (2019) en una población de *A. hybridus* de la zona núcleo sojera, revelaron la presencia de una triple mutación (TAP-IVS: T102I, A103V y P106S) en la enzima EPSPS además de un incremento de copias de la enzima. Interesantemente, el índice de resistencia (IR) identificado fue muy elevado (314).

#### CONCLUSIONES

El conjunto de los resultados obtenidos se resume en el Cuadro 3, que expresa la supervivencia para cada tratamiento y cada población evaluada.

De los resultados obtenidos, puede concluirse que los herbicidas auxínicos presentaron los mayores niveles de mortalidad. Sin embargo, en el tratamiento con 2,4-D se registró una población con supervivencia mayor a 50%.

La aplicación de los herbicidas fomesafen y topramezone que representan los modos de acción más utilizados en cultivos de soja y de maíz (como rescate de *Amaranthus* sp.) no alcanzó una mortalidad de 100% en ninguna población.

Más del 90% de las poblaciones presentó elevados valores de supervivencia a glifosato, sin embargo siguen encontrándose algunas susceptibles.

Las diferencias en los valores de supervivencia observadas en las poblaciones de *A. hybridus* permiten inferir la existencia de variabilidad genética para estos mecanismos de acción, sobre la que podrían actuar los herbicidas, promoviendo procesos de selección de resistencia.

Los resultados obtenidos sugieren la necesidad prioritaria de aplicar prácticas de manejo que conserven la utilidad y

# Los COADYUVANTES y BIOESTIMULANTES para TU campo.

# TROPFEN

[WWW.TROPFEN.COM.AR](http://WWW.TROPFEN.COM.AR)

eficacia de los diferentes herbicidas, en este caso, particularmente los auxínicos.

#### AGRADECIMIENTOS

A HRAC Argentina, particularmente al Ing. Agr. Germán Ferrari, Presidente de HRAC Argentina, por su colaboración en el análisis de datos y presentación de resultados y a los Ingenieros Agrónomos Rafael Frene (CORTEVA), Martín Gries (BASF), Sergio Cepeda (BAYER), Raul Moreno (Consultor externo), Fabian Giménez (FMC), Juan Caporicci (FMC), Federico Venier (SYNGENTA), Eduardo Bardella (UPL), Andrés Abello (BAYER),

Federico Elorza (CASAFE) y María Sol Muñoz (CASAFE), todos miembros de HRAC Argentina, por su participación y colaboración en el presente estudio.

El financiamiento de este trabajo fue realizado por el grupo HRAC Argentina (Comité de acción de resistencia a herbicidas de Argentina), de CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes).

#### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses. «

#### BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE PRODUCTORES EN SIEMBRA DIRECTA (AAPRESID) (2020) Superficie. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/superficie/>. Último acceso: 13 de octubre de 2020.

CONSEJO ARGENTINO PARA LA INFORMACIÓN Y EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA (ARGENBIO) (2020) Los cultivos transgénicos en Argentina. Disponible en: <http://www.argenbio.org/cultivos-transgenicos>. Último acceso: 14 de octubre de 2020.

BRENNER DM, BALTENSPERGER DD, KULAKOW PA, LEHMANN JW, MYERS RL, SLABBERT MM & SLEUGH BB (2000) Genetic resources and breeding of *Amaranthus*. *Plant Breed. Rev.* 19, 227-112.

BUHLER DD (1992) Population dynamics and control of annual weeds in corn (*Zea mays*) as influenced by tillage systems. *Weed Science* 40, 241-248

CÁMARA PARAGUAYA DE EXPORTADORES Y COMERCIALIZADORES DE CEREALES Y OLEAGINOSAS (CAPECO) (2020) Ranking mundial. Disponible en: <https://capeco.org.py/ranking-mundial-es/>. Acceso 18 de octubre de 2020.

CARDINA J, REGNIER E & HARRISON KT (1991) Long term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Science* 39, 186-194

CHAUHAN BS & JOHNSON DE (2009) Seed germination ecology of junglerice (*Echinochloa colona*): A Major Weed of Rice. *Weed Science* 57, 235-240

COSTEA M, SANDERS A & WAINES G (2001) Preliminary results toward a revision of the *Amaranthus hybridus* species complex (Amaranthaceae). *SIDA, Contributions to Botany* 19: 931-974

FACCINI D & VITTA J (2007) Efecto de la profundidad de siembra, cobertura de rastrojo y ambiente térmico sobre la germinación y emergencia de *Amaranthus quitensis* K. *Agri Scientia* 24(1), 19-27. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v24.n1.2725>

HEAP I (2020) International survey of herbicide resistance. *Weedscience.org*. Último acceso: 13/10/2020.

KOHR T JR & SPRAGUE CL (2017) Response of a mul-

tipale-resistant Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) population to four HPPD-inhibiting herbicides applied alone and with atrazine. *Weed Science* 65, 534-545.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA (2020) Estimaciones Agrícolas. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes>. Último acceso: 1 de febrero de 2020.

PEROTTI VE, LARRAN AS, PALMIERI VE, MARTINATO AK, ALVAREZ CE, TUESCA D & PERMINGEAT HR (2019) A novel triple amino acid substitution in the EPSPS found in a high-level glyphosate-resistant *Amaranthus hybridus* population from Argentina. 2019. *Pest Manag. Sci.* 75, 1242-1251

RED DE MANEJO DE PLAGAS (REM) (2020) Alertas. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/rem/alertas/>. Último acceso: 14 de octubre de 2020.

SCURSONI JA, DUARTE VERA AC, OREJA FH, KRUK BC & DE LA FUENTE EB (2019) Weed management practices in Argentina crops. *Weed Technology* 33, 459-463. doi: 10.1017/wet.2019.26

SELLERS BA, SMEDA RJ, KENDING JA & ELLER-SIECK MR (2003) Comparative growth of six *Amaranthus* species in Missouri. *Weed Science* 51, 329-333.

SCHWARTZ LM, NORSWORTHY, JK, YOUNG, BG, BRADLEY, KW, KRUGER GR, DAVIS VM, STECKEL, LE & WALSH MJ (2016) Tall waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) seed production and retention at soybean maturity. *Weed Technology* 30, 284-290.

TUESCA D & NISENSOHN L (2001) Resistencia de *Amaranthus quitensis* a imazetapir y clorimurón-etil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36(4), 601-606. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000400002>

VITTA JL, FACCINI DE & NISENSOHN LA (2000) Control of *Amaranthus quitensis* in soybean crops in Argentina: an alternative to reduce herbicide use. *Crop Protection* 19, 511-513.

WU H, WALKER S, ROLLIN MJ, TAN D KY & WERTH G (2007) Germination, persistence and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* L. Cronq.). *Weed Biol. Manag.* 7, 192-199.

# AGÉNDELO



III Congreso Argentino de Malezas ASACIM

## MALEZAS 2020

Ciencia, producción y sociedad: hacia un maíz sustentable

**3 y 4 de junio** **NUEVA FECHA**  
**9 y 10 de junio, 2021**  
Centro Rosario



