



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
Universidad Nacional de La Pampa

## **EFFECTO DE *CARRYOVER* DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL.**

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniera Agrónoma.

**Autora:**

CAZENAVE, María Luz

**Directora:**

Dra. Ing. Agr. MONTOYA, Jorgelina Ceferina

EEA Anguil – Centro Regional La Pampa-San Luis – INTA

**Codirector:**

Dr. Ing. Agr. YANNICCARI, Marcos Ezequiel

Terapéutica Vegetal y Práctica en Sanidad y Protección Vegetal – FA UNLPam.

**Evaluadores:**

Ing. Agr. Corro Molas, Andrés Ezequiel

EEA Anguil – Centro Regional La Pampa-San Luis – INTA

Ing. Agr. Sosa, José Enrique

Terapéutica Vegetal – FA UNLPam

**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA**

**Santa Rosa (La Pampa) – Argentina 2023**

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

**ÍNDICE**

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
Objetivo	9
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>9</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>13</b>
Índice de fitotoxicidad	13
Peso seco aéreo y altura	20
Ajuste de curvas para determinar el tiempo mínimo requerido para la siembra	25
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>31</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>32</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>33</b>

**RESUMEN**

Fomesafen es un herbicida inhibidor de la protoporfirinogeno oxidasa, registrado para los cultivos de soja y maní. Puede afectar a los cultivos en rotación mediante el fenómeno de *carryover* que se define como la persistencia de residuos fitotóxicos que alteran el establecimiento y producción de cultivos sensibles. Se realizó un experimento para evaluar el efecto de *carryover* sobre girasol, maíz, centeno y triticale mediante la metodología de bioensayos. Se estableció un ensayo en un suelo Haplustol éntico, franco arenoso, en el cual se sembró soja el 14/12/2018 y se aplicaron los tratamientos de fomesafen (Flex SL 25%) (0x: 0; 1x: 250 y 2x: 500 g i.a. ha<sup>-1</sup>) en diseño en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones el 19/12/2018 en preemergencia. Para los bioensayos se tomaron muestras de suelo por cada parcela a 0-10 cm de profundidad, a los 23 días desde aplicación (DDA), 127 DDA, 194 DDA y 274 DDA. Se utilizó centeno Don Norberto, triticale Don Santiago, girasol Argensol 54 y maíz SRM 6600 VT3P. Los bioensayos fueron conducidos en cámara de crecimiento. Se ralearon a 2 plantas para girasol y maíz, y 3 para centeno y triticale. Cuando las gramíneas alcanzaron dos hojas desplegadas y el girasol cotiledones desplegados se realizaron evaluaciones visuales de daño respecto al control (0x) según la escala de *European Weed Research Council*; y se midió altura de las plantas (cm) y peso seco de la biomasa aérea (PSA, g). El índice de fitotoxicidad fue la variable más sensible y los cuatro cultivos manifestaron síntomas. Triticale fue el cultivo más tolerante y podría ser sembrado como cultivo de cobertura o verdeo con síntomas reversibles; seguido por centeno que se adaptaría a una siembra más tarde destinada a la producción de grano; girasol y maíz, podrían sembrarse a partir de septiembre con lluvias superiores a 288 mm acumulados y si el lote fue tratado con la dosis de 1x equivalente a 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** fitotoxicidad, herbicida, persistencia, bioensayos, cultivos de cobertura.

**ABSTRACT**

Fomesafen is a protoporphyrinogen oxidase inhibitor herbicide, registered for soybean and peanut crops. It can affect crops in rotation through the carryover phenomenon, which is defined as the persistence of phytotoxic residues that alter the establishment and production of sensitive crops. An experiment was carried out to evaluate the effect of carryover on sunflower, corn, rye and triticale using the bioassay methodology. A trial was established in an entic Haplustol soil, sandy loam, in which soybean was planted on 14/12/2018 and fomesafen (Flex SL 25%) treatments were applied (0x: 0; 1x: 250 and 2x: 500 g ai ha<sup>-1</sup>) in a randomized complete block design with 4 repetitions on 19/12/2018 in preemergence. For the bioassays, soil samples were taken from each plot at a depth of 0-10 cm, 23 days after application (DDA), 127 DDA, 194 DDA and 274 DDA. Don Norberto rye, Don Santiago triticale, Argensol 54 sunflower and SRM 6600 VT3P corn were used. The bioassays were conducted in a growth chamber. They were thinned to 2

EFEECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

plants for sunflower and corn, and 3 for rye and triticale. When the grasses reached two unfolded leaves and the sunflower unfolded cotyledons, visual evaluations of damage were made with respect to the control (0x) according to the scale of the European Weed Research Council; and height of the plants (cm) and dry weight of the aerial biomass (PSA, g) were measured. The phytotoxicity index was the most sensitive variable and the four crops showed symptoms. Triticale was the most tolerant crop and could be planted as a cover crop or scallion with reversible symptoms; followed by rye that would adapt to a planting later destined for grain production; sunflower and corn, could be planted from september with accumulated rainfall of more than 288 mm and if the lot was treated with the dose of 1x equivalent to 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** phytotoxicity, herbicide, persistence, bioassays, cover crop.

## INTRODUCCIÓN

Fomesafen (5- [2-cloro-4- (trifluorometil) fenoxi] -N- [metilsulfonil]-2-nitrobenzamida) es un herbicida inhibidor de la protoporfirinogeno oxidasa (PPO), perteneciente a la familia química difenileter, que provoca un bloqueo en la síntesis de clorofila y acumulación de especies reactivas de oxígeno en las células vegetales. Puede tener dos tipos de uso, foliar o de contacto en postemergencia de la maleza; al suelo o sistémico, lo que le brinda residualidad en preemergencia de la maleza.

Se encuentra registrado para los cultivos de soja, maní y poroto. Es selectivo para el control de malezas de hoja ancha, especialmente para el control de malezas de la familia Amarantáceas, entre ellas *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus hybridus*. Las especies nombradas, están causando problemas en su control a nivel nacional debido a la resistencia ejercida por los herbicidas más utilizados (por ejemplo, glifosato). Es por eso que se plantea el uso de fomesafen como uno de los herbicidas más eficaces para el control de estas malezas. Si bien ha demostrado ser un herbicida eficaz para controlar biotipos resistentes de *Amaranthus* spp. (Bellinder *et al.*, 2003; Wilson, 2005), también causa daños en la rotación de cultivos por *carryover* (Tuesca y Papa, 2016). Este fenómeno se define como la persistencia de residuos fitotóxicos en la rotación que afectan el establecimiento y producción de cultivos sensibles.

En el país lo podemos encontrar formulado como los siguientes productos comerciales: EDDUS (S-Metolacoloro 51,8% + Fomesafen 11.95%), FLEX (Fomesafen 25%), FLOSIL 50 (Fomesafen 50%), FOMESAFEN SIGMA (Fomesafen 25%), ADOC (Fomesafen 26.25%), ADAMA ESSENTIALS ALEF (Fomesafen 25.2%), entre otros.

Está clasificado toxicológicamente en categoría III, moderadamente tóxico, del grupo E. Posee moderada solubilidad en agua (50 mg L<sup>-1</sup>), baja presión de vapor (<10<sup>-4</sup>

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

Pa), y bajo coeficiente de partición octanol/agua ( $\log K_{ow} -1.2$ ) (Oliveira Júnior *et al.*, 2009).

Los factores que influyen en la persistencia del herbicida en el suelo son: la textura, el contenido de materia orgánica (MO), temperatura, lluvia, humedad, capacidad de retención de agua y tasa de infiltración. La actividad microbiana es generalmente la vía de degradación más importante para la mayoría de los herbicidas en el suelo, acentuándose con la humedad y la temperatura (Parte *et al.*, 2017). Siendo así que la degradación se acelera en regiones cálidas y húmedas; y se lentifica en condiciones secas y frías (Sur, 2014).

Los procesos de adsorción y persistencia definen su biodisponibilidad y destino ambiental (Jin *et al.*, 2013). La persistencia de un herbicida es una propiedad inherente al propio compuesto relacionada con su estructura molecular, y la capacidad intrínseca de resistir degradación química y/o biológica. Al interaccionar con los sitios de adsorción del suelo, las moléculas quedan inaccesibles a los microorganismos degradadores, persistiendo más tiempo como moléculas parentales.

La duración del herbicida en el suelo está descrita por la vida media ( $DT_{50}$ ), parámetro utilizado para medir el tiempo promedio que se tarda en perder la mitad del herbicida a través de todas las vías posibles que actúan en el suelo (Anderson *et al.*, 1989). Cuanto más larga sea la vida media, más tiempo permanecerá el herbicida en concentraciones lo suficientemente altas como para afectar el crecimiento de la planta y mayor será el riesgo potencial de afectar a los cultivos en rotación (Monaco *et al.*, 2002). Comparado con otros herbicidas del grupo químico difenileter, fomesafen tiene la mayor persistencia en el suelo con un tiempo de vida media ( $DT_{50}$ ) estimada en 100 días (Vencill, 2002).

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

El fomesafen es un ácido débil (Senseman, 2007) que se ioniza a medida que aumenta el pH, con un pKa de 2,83 y bajo Koc de 50 (Lewis *et al.*, 2016). Posee una alta movilidad en el suelo, determinada por los tipos de suelo (Costa *et al.*, 2015). La variabilidad del DT<sub>50</sub> es el factor que preocupa a la hora de pensar en el fenómeno *carryover*. La adsorción de fomesafen al suelo es débil y se ve afectada por múltiples propiedades del suelo. Los antecedentes indican que el pH del suelo tiene mayor importancia que la MO para la adsorción (Guo *et al.*, 2000). Los datos sugieren que los suelos con un pH más bajo y un mayor contenido de arcilla tienen menos probabilidades de producir daños en los cultivos debido a una mayor adsorción de fomesafen (Li *et al.*, 2019).

El fomesafen se degrada más lentamente en condiciones aeróbicas, en comparación con las condiciones anaeróbicas, por lo que una menor humedad del suelo puede aumentar la persistencia del herbicida (Cobucci *et al.*, 1998; Shaner, 2014). Por ejemplo, tiene una DT<sub>50</sub> menor a tres semanas en condiciones anaeróbicas y hasta 12 meses en condiciones aeróbicas (Vencill, 2002). Los resultados respaldan que la textura del suelo tiene un impacto en el potencial de arrastre del herbicida, pero la interacción entre el herbicida y todos los factores asociados con su capacidad de persistencia en el suelo es compleja.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, su estructura molecular se degrada en condiciones anaeróbicas. El paso inicial sería la reducción del grupo NO<sub>2</sub> con la participación de diversos microorganismos del suelo que tienen enzimas capaces de degradar este grupo funcional (McBride, 1994). Las enzimas del suelo catalizan las reacciones y procesos metabólicos que ocurren asociados a la MO, el mantenimiento de

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

la estructura del suelo, el ciclo de los nutrientes, la desintoxicación de los contaminantes y la producción de energía tanto para los microorganismos como para las plantas.

Respecto a los antecedentes de *carryover*, Rector *et al.* (2019) explica que los herbicidas residuales aplicados en cultivos estivales tienen el potencial de dañar los cultivos de cobertura anuales subsiguientes, sin embargo, hay escasa información disponible.

La guía de productos fitosanitarios online de CASAFE (2023) restringe la siembra de sorgo a 12 meses luego de ser aplicado el herbicida fomesafen; e indica que, en rotaciones con girasol, maíz, o cereales de invierno puede presentarse fitotoxicidad en la fase inicial de los cultivos.

El riesgo de persistencia y afectación de los herbicidas a los cultivos de cobertura está influenciado por el suelo, el clima y las propiedades herbicidas. Pero la sensibilidad de las especies de cultivos de cobertura a un herbicida específico también determina el riesgo potencial de daño. Si una planta es más susceptible al herbicida, mostrará una mayor respuesta. La susceptibilidad de la planta es un factor de la selectividad del herbicida sobre esa especie, ya que los herbicidas son selectivos en su capacidad para afectar y controlar las plantas (Anderson *et al.*, 1989). La selectividad es compleja, y las diferencias pueden deberse, entre otras cosas, a la morfología de la planta, la dosis del herbicida, la absorción por parte de la planta, la translocación, el metabolismo y el modo de acción del herbicida (Cobb, 1992).

Las mediciones de contaminantes por métodos analíticos son importantes, sin embargo, suelen revestir metodologías sofisticadas; y además no permiten obtener conclusiones acerca de los efectos de las concentraciones sobre los seres vivos. Para ello, se utilizan especies bioindicadoras que aportan información de los efectos de la

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

contaminación sobre los organismos (Klumpp *et al.*, 2002). Un bioensayo es un método biológico sencillo, preciso, expeditivo y económico que brinda información referida a residuos de herbicidas en el suelo. Los bioensayos permiten detectar concentraciones de herbicidas que resulten fitotóxicas en el establecimiento de las plantas. La especie vegetal que utilizemos será la planta bioindicadora. Los herbicidas, dependiendo de su fisiología y modos de acción, se expresan con diferente sintomatología. La interpretación de los bioensayos requiere del conocimiento de los síntomas característicos de los herbicidas que los provoquen. La especie bioindicadora en una rotación es el cultivo de interés.

### **Objetivo**

Evaluar el efecto de *carryover* de fomesafen sobre girasol, maíz, centeno y triticale mediante la metodología de “bioensayo”.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se estableció un ensayo de campo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil. El suelo es Haplustol entico con las siguientes características a 0-10 cm de profundidad: arcilla 8%, limo 40%, arena 52%. Textura franco arenosa con un contenido de MO de 2%, pH de 6,3, fósforo (Bray & Kurtz) 17,4 mg kg<sup>-1</sup> y la capacidad de intercambio catiónico 15,0 meq 100 g<sup>-1</sup>.

El cultivo de soja se sembró el 14/12/2018 y la aplicación del herbicida se realizó el 19/12/2018 en preemergencia del cultivo. Cabe destacar que el lote no tenía aplicado herbicidas residuales durante el último año.

Se utilizó el herbicida fomesafen de marca comercial Flex SL con una concentración de ingrediente activo (i.a.) de 25%. Los tratamientos quedaron definidos según las siguientes dosis: **0x** equivalente al tratamiento Control (sin herbicida), **1x** equivalente a 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> y **2x** equivalente a 500 g i.a. ha<sup>-1</sup>. La aplicación se realizó con

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

una mochila manual, con pastilla deflectora o de espejo Teejet TK 2,5 con un volumen de caldo erogado de 59 L ha<sup>-1</sup> y tamaño de gota gruesa (ASAE S572). Cada unidad experimental fue de 2,8 m x 35 m en un diseño en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones. Las condiciones meteorológicas al momento de la aplicación fueron: velocidad del viento 8,9 km h<sup>-1</sup>, temperatura 28,6 °C y humedad relativa 64,1%.

Para la confección de los bioensayos se tomaron muestras compuestas de 1,5 kg de suelo por cada parcela con muestreador a 0-10 cm de profundidad. Las muestras de suelo fueron conservadas en cámaras de frío a -17 °C hasta el armado de las macetas de los bioensayos.

Los muestreos se realizaron a los 23 días desde aplicación (DDA) (11/01/2019), 127 DDA (25/04/2019), 194 DDA (1/07/2019) y 274 DDA (19/09/2019). Las lluvias diarias se muestran en la tabla 1 y las lluvias acumuladas desde aplicación hasta cada fecha de muestreo fueron: 35,25 mm, 190,75 mm, 267,25 mm y 288,25 mm. Los bioensayos fueron confeccionados con las siguientes especies como posibles cultivos en la rotación: girasol, maíz, centeno y triticale.

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

**Tabla 1.** Precipitaciones (mm) diarias registradas desde octubre de 2018 hasta la última fecha de muestreo.

	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19
1	-	4,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	8,25	-	-	-	0,25	-	-
4	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	0,75	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	0,25	-	-	-	5	-	-	-	-
8	-	-	14	4,25	-	-	-	14,5	-	-	-	-
9	-	25	-	0,5	-	-	-	13	-	-	-	-
10	-	0,75	106,75	-	-	-	-	-	-	-	-	9
11	-	25,25	-	-	-	-	-	-	8,25	-	-	0,25
12	-	23,75	1,5	20,75	-	-	-	-	0,25	-	-	-
13	-	3,5	11,5	-	1,75	-	-	-	1	-	-	-
14	-	-	-	-	-	39,75	0,75	-	0,25	-	-	-
15	-	-	-	-	-	11,75	-	-	1,25	-	-	2,25
16	-	7,25	-	-	-	0,25	-	-	9,75	-	-	-
17	1,75	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-
18	-	-	-	-	-	3	-	-	0,5	-	-	-
19	20,75	-	4,25	-	-	4	-	13,5	-	-	2,75	-
20	1,75	-	-	-	3,75	-	-	1,25	-	-	-	-
21	5	8,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	8,25	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	23,25	-	-	1,25	-	0,25	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
26	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
28	2,5	-	-	-	-	0,75	-	-	-	-	-	-
29	2,5	-	-	3,75	-	-	-	2,75	0,25	-	-	3
30	-	3	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	0,5
31	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>43,75</b>	<b>109,25</b>	<b>144</b>	<b>77,75</b>	<b>8,5</b>	<b>68,5</b>	<b>5</b>	<b>50,25</b>	<b>22,25</b>	<b>0,25</b>	<b>2,75</b>	<b>16</b>

Para la confección de cada maceta el suelo fue tamizado con una malla de 1 cm de forma de homogeneizar la muestra. En cada maceta se sembraron 8 semillas de centeno Don Norberto, 8 semillas de triticale Don Santiago, 6 semillas de girasol Argensol 54, 6 semillas de maíz SRM 6600 VT3P, a una profundidad de 2 cm. En la emergencia se contabilizó el número de plantas nacidas, y luego se raleó a 2 plántulas por maceta en el caso de girasol y maíz, y 3 plantas para centeno y triticale.

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

Los bioensayos fueron conducidos en una cámara de crecimiento, en condiciones de luz, temperatura y humedad controlada (12 hs de luz y una alternancia de temperatura nocturna de 18 °C y diurna de 25 °C). La humedad se mantuvo con riegos periódicos cercana a capacidad de campo.

Aproximadamente entre los 10 y 15 días de armadas las macetas, las gramíneas contaban con dos hojas desplegadas y el girasol con sus cotiledones desplegados, por lo tanto, se procedió a realizar evaluaciones visuales para la estimación del daño respecto al tratamiento **Control (0x)** según la escala de evaluación europea que sigue el método EWRC (*European Weed Research Council*). Esta variable se expresa según el Índice de fitotoxicidad que se describe en la Tabla 2. Se tomaron registros fotográficos de los síntomas de fitotoxicidad desarrollados para cada cultivo (Tabla 3). Luego se desarmaron las macetas para determinar altura de las plantas (cm) y peso seco de biomasa aérea (PSA, g).

La capacidad de la cámara de crecimiento fue limitada. Por ese motivo, los bioensayos se prepararon en forma independiente para cada fecha de muestreo. Por otra parte, el período de crecimiento en días de los bioensayos varió resultando en plantas de diferente tamaño (peso y altura) limitando hacer comparaciones de estas variables entre fechas. Las variables PSA, índice de fitotoxicidad y altura fueron analizados con ANOVA y test de diferencia de medias (LSD de Fisher) empleando el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020). De todos modos, los datos de la estimación visual de los daños (Índice de fitotoxicidad) fueron analizados conjuntamente analizando las posibles interacciones de los factores Cultivos x Tratamientos (Dosis) x DDA. En este caso, se empleó el Procedimiento Mixed y se analizaron las interacciones triples y dobles mediante la sentencia *Slice* de SAS (SAS Institute Inc. 2015. SAS/IML® 14.1 User's Guide. Cary,

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

NC: SAS Institute Inc). Por otra parte, se ajustó una curva basada en un modelo polinómico de segundo grado entre los DDA y los Índices de fitotoxicidad registrados (Cobucci *et al.*, 1998).

**Tabla 2.** Índice de fitotoxicidad según la escala de evaluación europea, método EWRC (European Weed Research Council)

Índice	Fitotoxicidad causada por el herbicida sobre el cultivo
1	Sin efecto
2	Síntomas muy leves
3	Síntomas leves, efectos reversibles.
4	Síntomas moderados
5	Fuertes o marcados síntomas
6	Síntomas severos
7	Síntomas muy severos
8	Síntomas extremadamente severos
9	Muerte de las plantas

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Índice de fitotoxicidad

Se realizó la estimación visual de daño por cultivo según la escala europea en función de los síntomas manifestados (EWRC) (Tabla 2). El girasol y el maíz manifestaron síntomas de fitotoxicidad que pueden describirse como: clorosis de las nervaduras, bronceado hasta necrosis y menor crecimiento. El girasol también manifestó retorcimiento del tallo. El triticale y el centeno expresaron clorosis, adelgazamiento y hasta necrosis del tallo, y menor crecimiento.

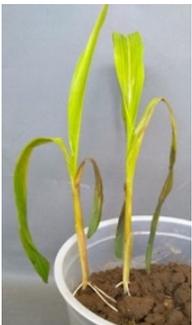
Esta sintomatología detallada puede verse en la Tabla 3 por medio de tres columnas correspondientes a maíz, girasol y centeno/triticale, los últimos de manera unificada ya que por su morfología sería compatible usar la misma escala fenológica de forma indistinta.

María Luz Cazenave  
**EFFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL**

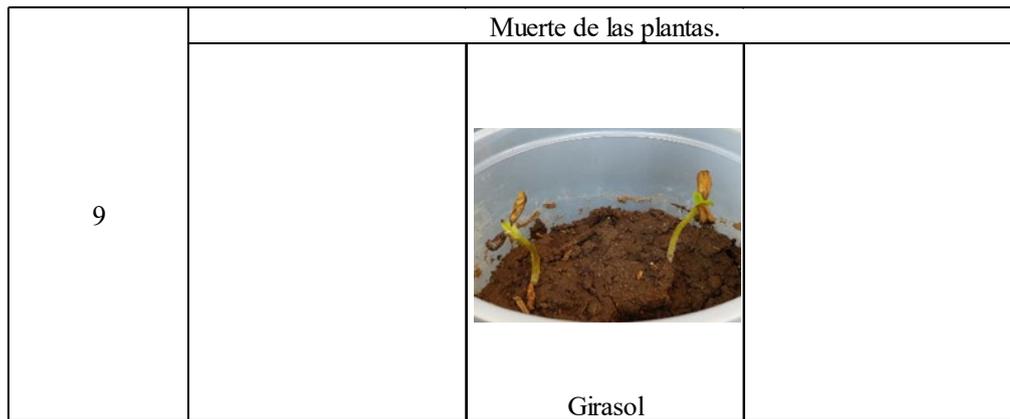
**Tabla 3.** Registro fotográfico de los síntomas manifestados por cultivo.

Indice de Fitotoxicidad	Fitotoxicidad causada por el herbicida sobre el cultivo		
1	Sin efecto.		
	 Maíz	 Girasol	 Centeno/Triticale
2	Síntomas muy leves.		
	 Maíz	 Girasol	 Centeno/Triticale
3	Síntomas leves, efectos reversibles.		
	 Maíz	 Girasol	 Centeno/Triticale
4	Síntomas moderados.		
	 Maíz	 Girasol	 Centeno/Triticale

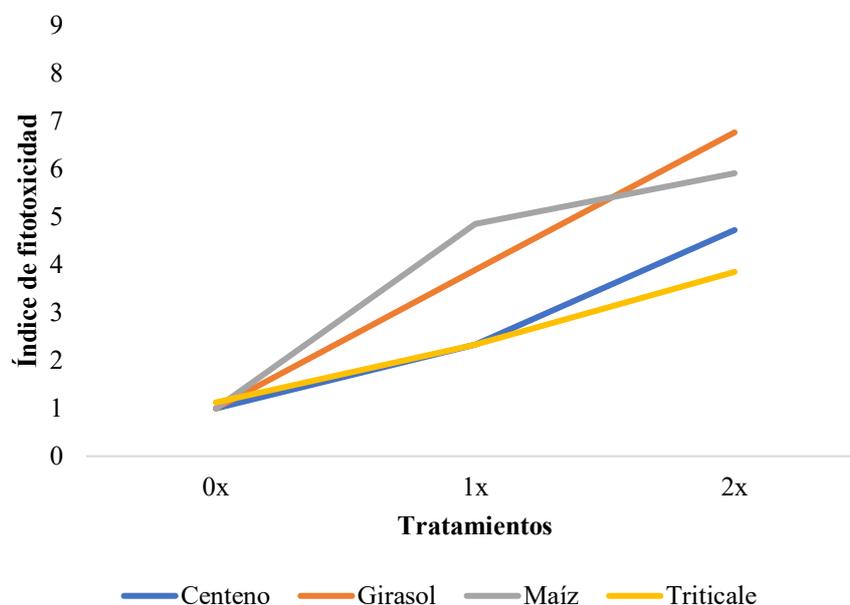
María Luz Cazenave  
**EFFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL**

5	Fuertes o marcados síntomas.		
	 Maíz	 Girasol	 Centeno/Triticale
6	Síntomas severos.		
	 Maíz	 Girasol	 Centeno/Triticale
7	Síntomas muy severos.		
	 Maíz	 Girasol	 Centeno/Triticale
8	Síntomas extremadamente severos.		
	 Maíz	 Girasol	 Centeno/Triticale

María Luz Cazenave  
**EFEECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL**



La estimación de daños visuales cuantificada a través del Índice de fitotoxicidad no mostró interacción significativa triple (Cultivos x DDA x Tratamientos). Mientras que sí hubo interacción significativa DDA x Tratamiento y Cultivos x Tratamientos ( $p < 0,05$ ). Independientemente de los DDA, el comportamiento de los cultivos muestra que de acuerdo aumenta la dosis utilizada, aumentan los niveles de fitotoxicidad. Pudiendo observarse que los cereales de invierno tienen el mismo comportamiento, mostrando mayor tolerancia que girasol y maíz (Figura 1).



*Figura 1.* Índice de fitotoxicidad para los diferentes cultivos y los tratamientos realizados.

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

Independientemente de los cultivos, los índices de fitotoxicidad decrecen según los DDA. Para cada fecha de muestreo los Índices de fitotoxicidad de 2x fueron mayores y se diferenciaron significativamente de 1x (Figura 2).

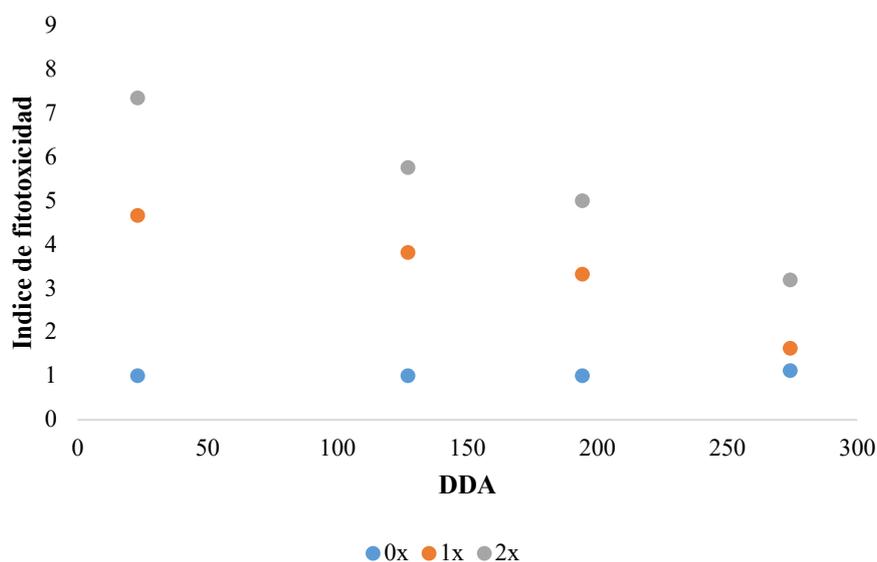


Figura 2. Evolución de los Índices de fitotoxicidad de los tratamientos para las especies bioindicadoras, según los días desde aplicación (DDA).

A los **23 DDA** el centeno presentó diferencias significativas del Índice de fitotoxicidad de los tratamientos 0x y 1x respecto a 2x ( $p < 0,05$ ). El triticale tuvo diferencias entre cada uno de los tratamientos ( $p < 0,05$ ). El girasol en el tratamiento 2x mostró síntomas extremadamente severos presentando diferencias respecto a 0x ( $p < 0,05$ ); y el maíz mostró un Índice de 1x y 2x con diferencias significativas respecto al control 0x ( $p < 0,05$ ). En general, cada uno de los cultivos mostró aumento de la fitotoxicidad conforme aumentaron las dosis (Figura 3).

María Luz Cazenave  
 EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

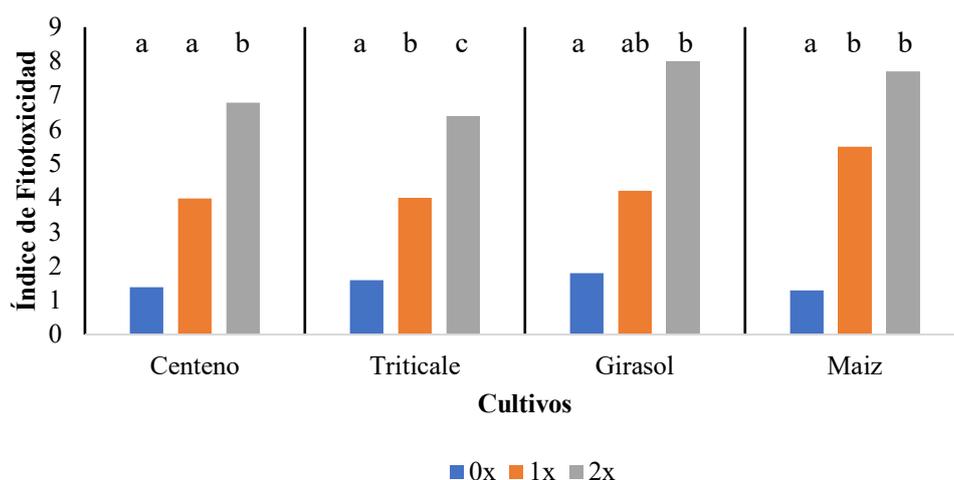


Figura 3. Índice de fitotoxicidad para cada cultivo referido a los 23 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

A 127 DDA el centeno presentó diferencias significativas del Índice de fitotoxicidad entre el tratamiento 0x y los tratamientos 1x y 2x ( $p < 0,05$ ). La evaluación visual de daño para el girasol tuvo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre 0x y 2x. El maíz tuvo diferencias significativas de 0x con respecto a 1x y 2x ( $p < 0,05$ ). Triticale tuvo diferencias en la evaluación visual entre el 0x y 2x ( $p < 0,05$ ) (Figura 4).

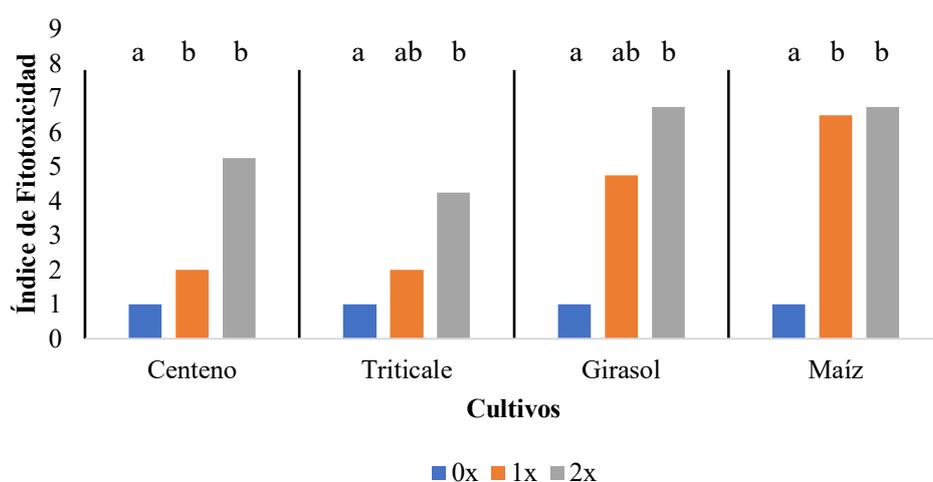
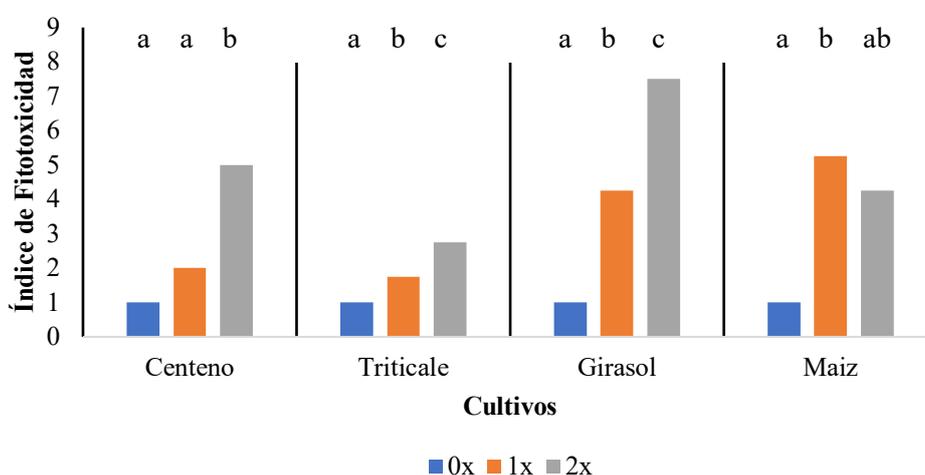


Figura 4. Índice de fitotoxicidad para cada cultivo referido a los 127 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

A los **194 DDA** el Índice de fitotoxicidad de centeno en la dosis de 2x se diferenció significativamente de 0x y 1x, alcanzando un índice de valor 5 (fuertes o marcados síntomas) según la escala antes mencionada. La estimación visual de la fitotoxicidad de girasol mostró diferencias significativas entre los tres tratamientos, alcanzando un valor máximo de 7,5 en 2x ( $p < 0,05$ ). En maíz hubo diferencia en la evaluación visual entre el 0x y 1x, si bien se pueden ver diferencias entre el control ( $p < 0,05$ ). Para triticale hubo diferencias entre los tres tratamientos alcanzando un valor máximo de 2,75 según la escala de referencia ( $p < 0,05$ ) (Figura 5).



*Figura 5.* Índice de fitotoxicidad para cada cultivo referido a los 194 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

A **274 DDA** se observó que el centeno no tuvo diferencias entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). En maíz hubo diferencias significativas en los Índices de fitotoxicidad acentuado en el tratamiento 2x con diferencias respecto a 0x y 1x ( $p < 0,05$ ). Girasol y triticale no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. En girasol cabe destacar que los valores promedio crecieron conforme aumentaron las dosis. El tratamiento 1x tuvo un valor promedio de 2,25 y un desvío estándar de 1,5; y 2x un valor promedio de 4,5 y un desvío de 3. Este tipo de comportamiento en cuanto a la expresión

de la sintomatología debido a *carryover* es común verlo en lotes comerciales. Ya que, luego de 274 DDA los residuos de herbicidas en el suelo se ven sujetos a diferentes procesos físico-químicos a nivel de micrositos. Esto genera como resultado cultivos sumamente desuniformes en su estado de crecimiento y desarrollo (Figura 6).

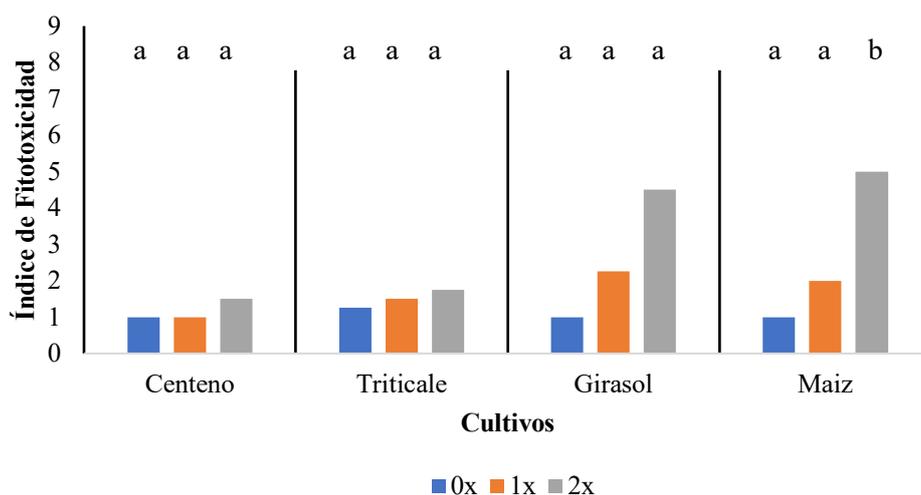


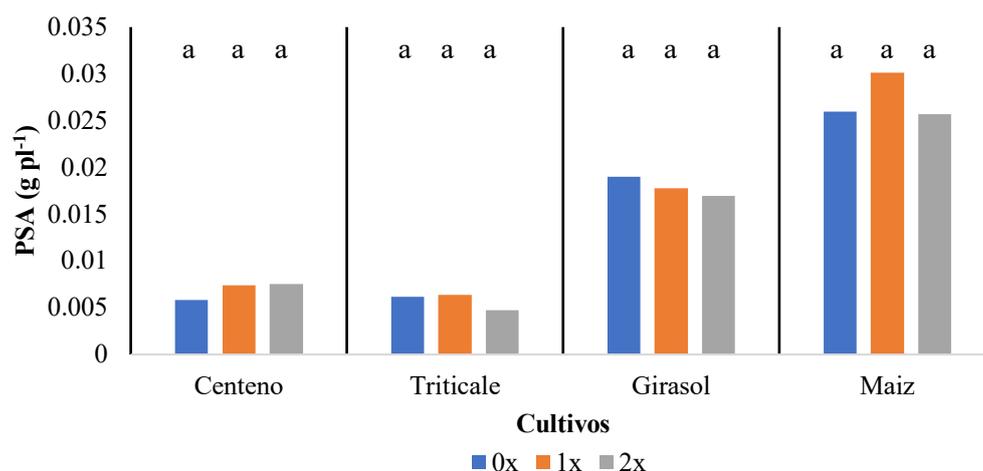
Figura 6. Índice de fitotoxicidad para cada cultivo referido a los 274 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

### Peso seco aéreo y altura

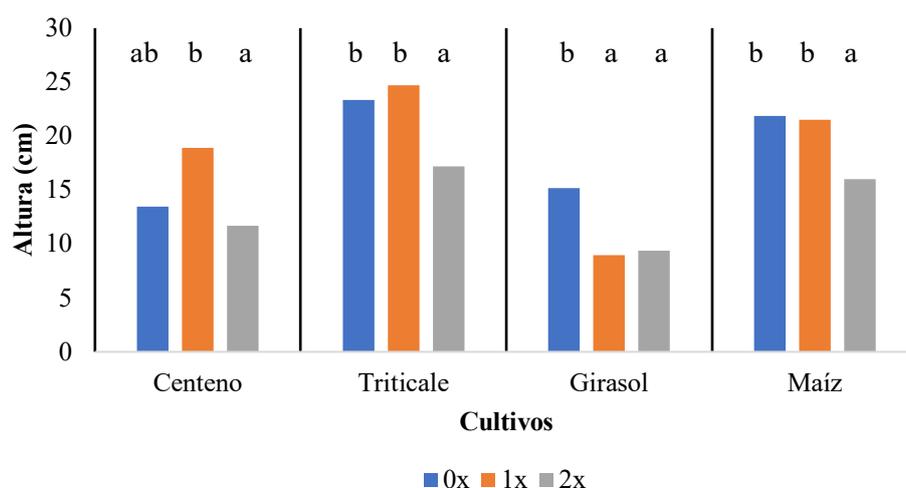
A los **23 DDA** ninguno de los cultivos mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el PSA entre los tratamientos (Figura 7).

El centeno tuvo diferencias significativas en cuanto a la altura entre los tratamientos 1x y 2x ( $p < 0,05$ ). En girasol hubo diferencias significativas entre el tratamiento 1x y 2x respecto al control 0x ( $p < 0,05$ ). En maíz y triticale hubo diferencias significativas para el tratamiento 2x, resultando en una altura menor que los tratamientos 0x y 1x (Figura 8).

María Luz Cazenave  
**EFFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL**



*Figura 7.* Peso seco de la biomasa aérea para cada cultivo referido a los 23 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

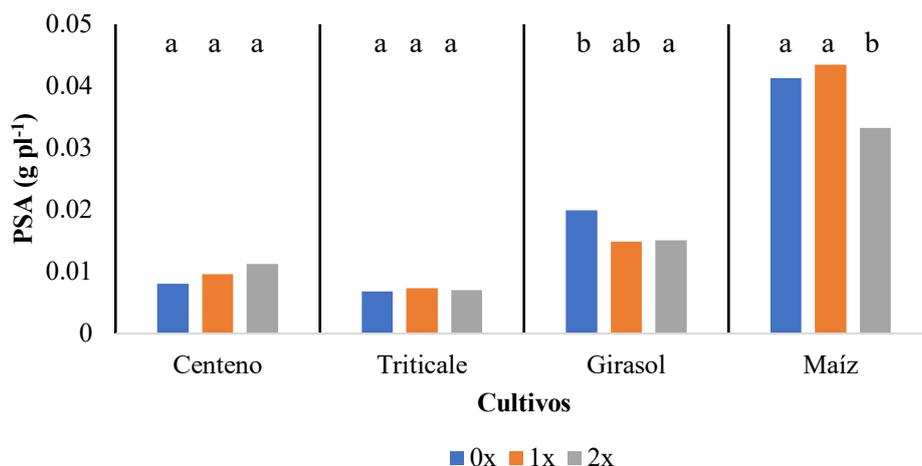


*Figura 8.* Altura para cada cultivo referido a los 23 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

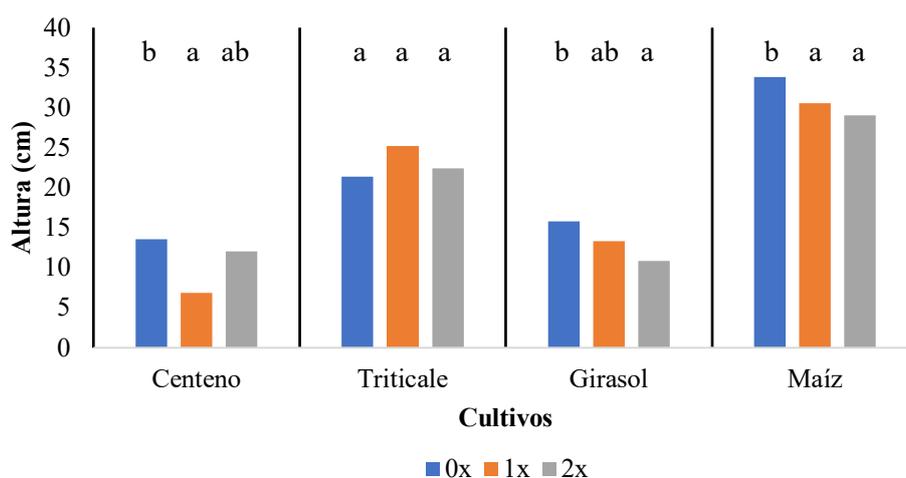
A **127 DDA** se observó que el PSA del centeno y triticale no mostró diferencias significativas. El PSA para el girasol tuvo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre 0x y 2x. En maíz hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) resultando en menor PSA de 2x con respecto a los otros dos tratamientos (Figura 9).

María Luz Cazenave  
**EFEECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL**

El centeno tuvo diferencias significativas con respecto a la altura entre el tratamiento 1x y 0x ( $p < 0,05$ ). Para el caso de girasol, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 2x y 0x ( $p < 0,05$ ). En maíz, 1x y 2x se diferenciaron del control 0x. En triticale no se observaron diferencias entre los tratamientos (Figura 10).



*Figura 9.* Peso seco de la biomasa aérea para cada cultivo referido a los 127 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).



*Figura 10.* Altura para cada cultivo referido a los 127 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

A 194 DDA se observó que el PSA de centeno y triticale no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. El PSA del girasol y maíz tuvo diferencias significativas entre el tratamiento 1x y 2x respecto al control 0x ( $p < 0,05$ ) (Figura 11).

En centeno y triticale no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la altura. Mientras que en girasol y maíz hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre 0x y los tratamientos 1x y 2x (Figura 12).

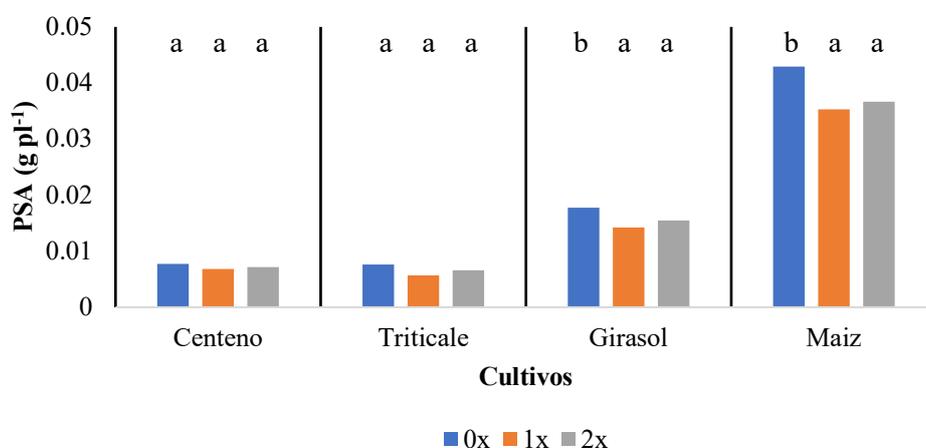


Figura 11. Peso seco de la biomasa aérea para cada cultivo referido a los 194 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

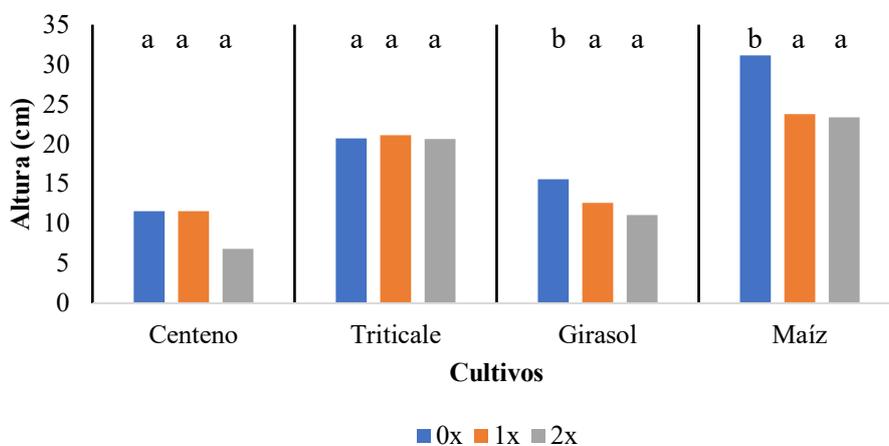


Figura 12. Altura para cada cultivo referido a los 194 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

María Luz Cazenave  
 EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
 CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

A 274 DDA se observó que no hubo diferencias significativas del PSA de ninguno de los cultivos (Figura 13).

No hubo diferencias significativas en cuanto a la altura de las plantas entre los tratamientos en triticale y centeno. En girasol hubo diferencias significativas entre el tratamiento 1x y 2x respecto al control 0x ( $p < 0,05$ ). En maíz, también hubo diferencias significativas respecto al tratamiento 2x ( $p < 0,05$ ) (Figura 14).

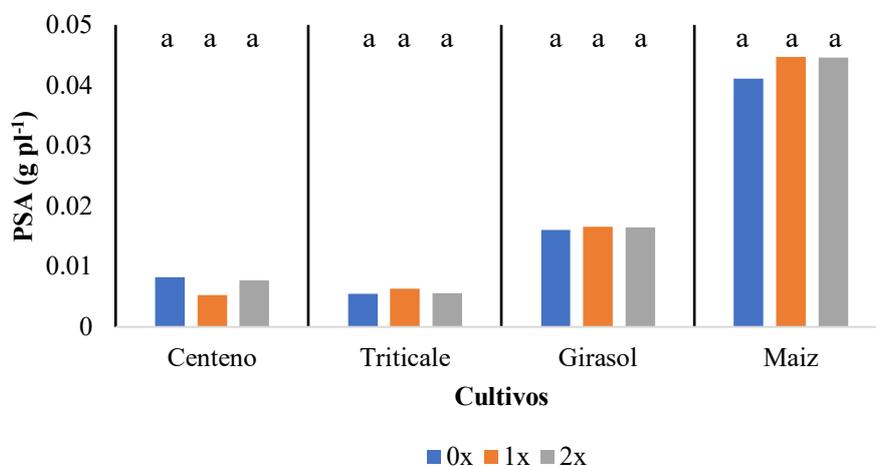


Figura 13. Peso seco de la biomasa aérea para cada cultivo referido a los 274 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

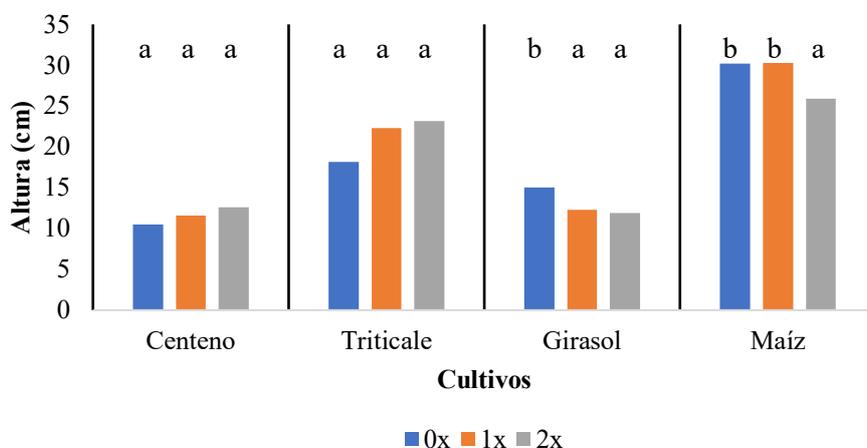


Figura 14. Altura para cada cultivo referido a los 274 DDA. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento para cada uno de los cultivos ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el triticale fue el cultivo más tolerante a los residuos de fomesafen en el suelo manifestando efectos negativos sobre la altura sólo a los 23 DDA en la dosis 2x. El centeno tuvo manifestaciones negativas en la altura con 1x y 2x hasta los 127 DDA. Por otro lado, el girasol a los 274 DDA aún mostraba efectos negativos de 1x y 2x sobre la altura, mientras que maíz sólo de 2x.

### Ajuste de curvas para determinar el tiempo mínimo requerido para la siembra

La estimación visual de daño a través del Índice de fitotoxicidad fue la variable más sensible frente a los residuos de herbicida en el suelo comparado con la altura y el PSA. Las figuras 15, 16, 17 y 18 muestran la evolución de la sintomatología manifestada por los diferentes cultivos en función de los DDA para cada una de las dosis estudiadas. Los bioensayos se plantean como una herramienta de diagnóstico para la toma de decisión de siembra de un cultivo cuando hay sospechas de *carryover*. El Índice de fitotoxicidad de valor 3 representa síntomas leves reversibles (Tabla 2) entonces podría tomarse como un umbral para la toma de decisión de la siembra de los cultivos y estimar el período mínimo requerido para la siembra de los cultivos en estudio (Tabla 4).

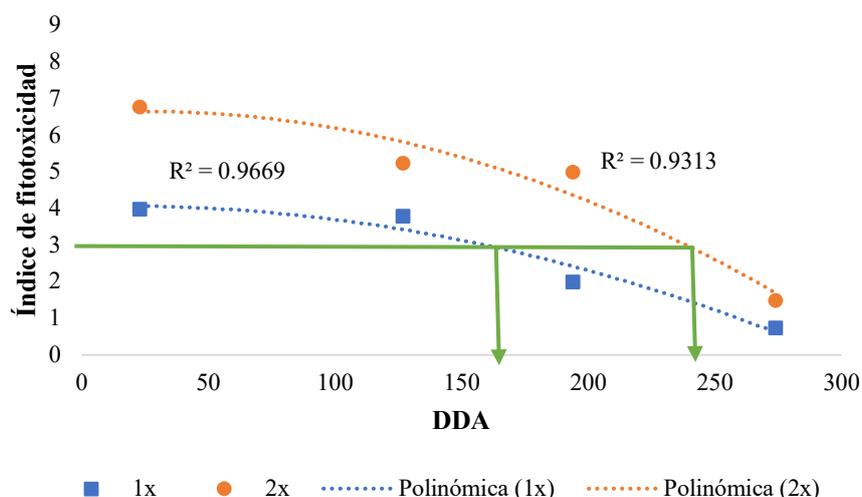


Figura 15. Índice de fitotoxicidad de centeno con respecto a los DDA.

EFEECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

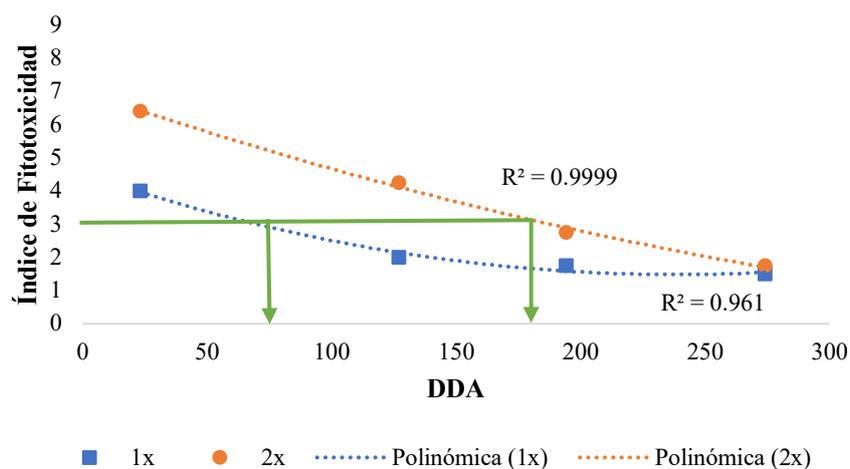


Figura 16. Índice de fitotoxicidad de triticale con respecto a DDA.

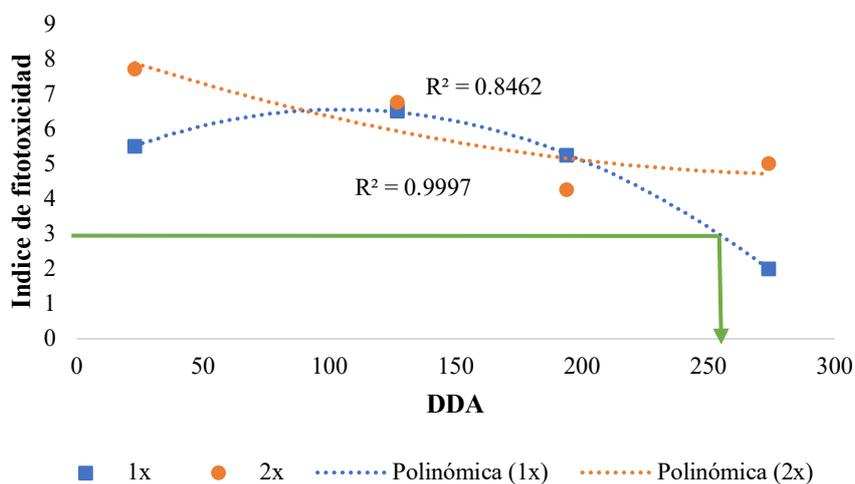


Figura 17. Índice de fitotoxicidad de maíz con respecto a DDA.

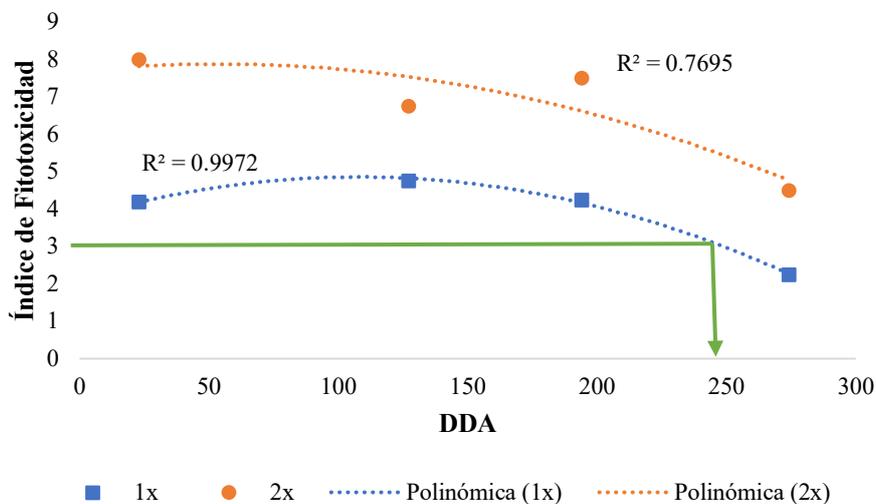


Figura 18. Índice de fitotoxicidad de girasol con respecto a DDA.

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

La sensibilidad que mostraron los cultivos a los residuos de fomesafen fueron: triticale < centeno < maíz < girasol. Whalen *et al.* (2019) encontraron que triticale, centeno junto con trigo, *Pisum sativum*, *Trifolium incarnatum* y *Vicia villosa* fueron los cultivos menos sensibles a los residuos de los herbicidas usados en soja en general. El herbicida fomesafen solo o aquellas mezclas de herbicidas que lo incluyeron provocaron los mayores niveles de daño evaluados a través de la reducción de la cobertura durante el otoño. Cornelius *et al.* (2017) investigaron los efectos de herbicidas residuales aplicados en soja en el establecimiento de cultivos de cobertura, entre ellos se analizaron *Pisum sativum*, *Secale cereale*, *Trifolium incarnatum*, *Vicia villosa*, *Lolium perenne ssp. multiflorum*, *Raphanus sativus*, y *Triticum aestivum*. Los productos que contenían imazetapir y fomesafen dieron como resultado una severa reducción de la biomasa, principalmente en *Raphanus sativus* que resultó ser el más sensible.

Rector *et al.* (2019) estudiaron el *carryover* de herbicidas sobre cultivos de cobertura de siembra de otoño. Dentro de todos los herbicidas analizados, fomesafen provocó el mayor daño al rábano forrajero (*Raphanus sativus*). Por lo que sugiere que el rábano forrajero no debe usarse como cultivo de cobertura si se aplicó fomesafen en soja. Cobucci *et al.* (1998) también estudiaron los efectos de los residuos encontrados en el suelo de distintos herbicidas en cultivos de rotación. En este caso, la sensibilidad de los cultivos a los residuos de fomesafen y otros fue en orden decreciente: sorgo > maíz > mijo > arroz.

Los resultados obtenidos permiten inferir algunas recomendaciones de manejo. En las condiciones del experimento, a los 127 DDA (25 de abril) se alcanzó una fecha posible de siembra de los cereales de invierno como cultivos de cobertura. El triticale mostró mínima sintomatología de daño visual utilizando la dosis de marbete (1x). Mientras que el centeno, mostró daños moderados. Cabe resaltar que las precipitaciones

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

acumuladas desde la fecha de aplicación hasta la fecha de muestreo fueron de 190,75 mm. La doble dosis (2x) para cada uno de los cultivos mostró los mayores Índices de fitotoxicidad por encima de síntomas moderados (Tabla 2), lo cual podría comprometer la implantación y posterior evolución normal de los cultivos. Esto indica la posible siembra de triticale hacia fines de abril siempre y cuando se haya utilizado 1x con lluvias no menores 190 mm.

A los 194 DDA (1 de Julio), representó una fecha probable de siembra de cereales de invierno destinados a cosecha de grano. En este caso las precipitaciones acumuladas alcanzaron 267,25 mm. El triticale, para ambas dosis (1x y 2x) mostró síntomas muy leves a leves. En cambio, el centeno para 1x mostró síntomas leves, pero para la doble dosis (2x) se pudieron observar síntomas fuertes o marcados. En este caso podemos recomendar la siembra de triticale, mientras que en el caso de centeno sólo que se haya utilizado 1x.

A los 274 DDA, triticale y centeno mostraron para ambas dosis una sintomatología muy leve. Ese momento de muestreo (19 de Septiembre) sirvió como herramienta de diagnóstico para toma de decisión de siembra de los cultivos estivales. Para ambos cultivos la dosis de marbete (1x) presentaron síntomas leves, y la doble dosis (2x) sintomatología moderada a fuerte. Las precipitaciones acumuladas hasta la fecha de muestreo fueron de 288,25 mm.

De esta manera, en la Tabla 4 se expresan el tiempo mínimo aproximado requerido, según las condiciones de este experimento, para la siembra de los cultivos fijando un umbral de 3, lo que significa síntomas reversibles, sin comprometer su crecimiento.

María Luz Cazenave  
**EFEECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
 CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL**

**Tabla 4.** *Tiempo mínimo requerido para la siembra para un Índice de fitotoxicidad de valor 3.*

<b>Cultivo</b>	<b>Dosis</b>	<b>Tiempo mínimo requerido para la siembra (DDA)</b>
Centeno	1x	160
	2x	240
Triticale	1x	75
	2x	170
Maíz	1x	255
	2x	Mayor a 274
Girasol	1x	245
	2x	Mayor a 274

Tal como se mencionó anteriormente, el triticale fue el cultivo más tolerante. Por lo tanto, el tiempo mínimo requerido para la siembra, que no alcance a manifestar daños irreversibles, fue el menor de los cuatro cultivos. Para la dosis de 1x fueron necesarios 75 DDA y para 2x, 170 DDA, aproximadamente. El centeno requirió mínimamente 160 DDA para 1x y 240 DDA para 2x. Dados estos resultados, en el caso del triticale con la dosis de 1x se adaptaría a una fecha de siembra temprana hacia mediados de marzo, destinada a cultivos de cobertura o verdeo invernal. Mientras que con 2x debería destinarse el lote a siembras para la producción de grano. El centeno, siendo más sensible, para 1x la fecha de siembra probable se acerca a finales de mayo. Por lo tanto, sería una siembra para la producción de grano. Si se presentara un caso de doble dosis, la recomendación sería descartar el lote para la siembra de centeno.

En el caso que el lote tenga destino la siembra de girasol, únicamente podrá sembrarse si se utilizó la dosis de 1x llegando a finales de agosto con niveles de fitotoxicidad inferiores al umbral de 3. Algo similar sucede con maíz. Si bien, se presenta como un cultivo sensible, para 1x, podría sembrarse a partir de los 255 DDA, aproximadamente a partir de la primera semana de septiembre. Este trabajo evaluó el

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

fenómeno de *carryover* hasta los 274 DDA, o sea, 19 de septiembre. Por lo tanto, para la dosis de 2x, no podemos predecir una fecha posible de siembra posterior a la estudiada para girasol y maíz que no produzca daños irreversibles.

## CONCLUSIÓN

Los cuatro cultivos estudiados manifestaron síntomas de fitotoxicidad durante el período estudiado. La metodología de bioensayo permitió describir la evolución de los síntomas expresados por los cultivos considerados respecto de los residuos de fomesafen en el suelo. El triticale fue el cultivo más tolerante, seguido por centeno, maíz y girasol. El Índice de fitotoxicidad fue la variable más sensible para evaluar el efecto de *carryover* de fomesafen sobre los cultivos estudiados.

Para las condiciones edafoclimáticas en las que se realizó este estudio, el triticale podría ser sembrado como cultivo de cobertura o verdeo en la rotación con síntomas reversibles. En cambio, centeno, siendo más sensible se adaptaría a una siembra más tardía destinada a la producción de grano. En el caso de girasol y maíz, únicamente podrían sembrarse a partir de mediados de septiembre con lluvias superiores a 288 mm acumulados si el lote fue tratado con la dosis de 1x equivalente a 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero brindar mi agradecimiento a todo el personal y autoridades que hacen a la Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil. A Jorgelina, que me abrió las puertas a la institución, y fue mi mentora durante todo el proceso. Quién con su confianza, dirección y conocimiento permitió el desarrollo de este trabajo.

A la Facultad de Agronomía UNLPam, quien me dio las herramientas para transitar esta carrera, y me vio crecer profesionalmente día a día.

A mi familia, amigas y a Pablo, por acompañarme y apoyarme durante todos estos años incondicionalmente.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson, T.H., Domsch, K.H. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol Biochem* 21: 471–479.
- Bellinder, R., Arsenovic, M., Shah, D., & Rauch, B. 2003. Effect of weed growth stage and adjuvant on the efficacy of fomesafen and bentazon. *Weed Science*, 51 (6), 1016-1021. <https://doi:10.1614/P2002-047>
- Cobb, A. 1992. *Herbicides and Plant Physiology*. New York, NY: Chapman & Hall. Pp 65–69
- Cobucci, T., Prates, H., Falcão, C., & Rezende, M. 1998. Effect of imazamox, fomesafen, and acifluorfen soil residue on rotational crops. *Weed Science*, 46 (2), 258-263. <https://doi:10.1017/S0043174500090500>
- Cornelius, C., & Bradley, K. 2017. Carryover of Common Corn and Soybean Herbicides to Various Cover Crop Species. *Weed Technology*, 31 (1), 21-31. <https://doi:10.1614/WT-D-16-00062.1>
- Costa, A.I.G., Queiroz, M.E.L.R., Neves, A.A. *et al.* 2015. Mobility and persistence of the herbicide fomesafen in soils cultivated with bean plants using SLE/LTP and HPLC/DAD. *Environ Sci Pollut Res* 22, 3457–3466. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3557-5>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Guía de productos fitosanitarios online de CASAFE. 2023.
- Guo, J. F., Lu, Y. T., & Sun, J. H. 2000. Residue dynamics of fomesafen in peanut and soybean fields. *Chinese Journal of Agricultural Environmental Protection*, 19, 82–84.
- Jin, X., Ren, J., Wang, B. *et al.* 2013. Impact of coexistence of carbendazim, atrazine, and imidacloprid on their adsorption, desorption, and mobility in soil. *Environ Sci Pollut Res* 20, 6282–6289. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1657-2>

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

- Khan, S., Hesham, A. E. L., Qiao, M., Rehman, S., & He, J. Z. 2010. Effects of Cd and Pb on soil microbial community structure and activities. *Environmental Science and Pollution Research*, 17, 288–296.
- Kızılkaya, R., Aşkın, T., Bayraklı, B., & Sağlam, M. 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology*, 40, 95–102.
- Klumpp, A., Klumpp, G., Ansel, W., and Fomin, A. 2002. European network for the assessment of air quality by the use of bioindicator plants - the first year of EuroBionet. Germany: N. p. Web.
- Lewis, K., Tzilivakis, J., Warner D.J. & Green, A. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22:4, 1050-1064, DOI: [10.1080/10807039.2015.1133242](https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242)
- Li, X., Grey, T., Price, K., Vencill, W. and Webster, T. 2019. Adsorption, desorption and persistence of fomesafen in soil. *Pest. Manag. Sci.*, 75: 270-278. <https://doi.org/10.1002/ps.5112>
- McBride, M.B. 1994. *Environmental Chemistry of Soils*. Oxford University Press. NY: 406 p
- Monaco, T. J., Weller, S. C., & Ashton, F. M. 2002. *Weed science: principles and practices*. John Wiley & Sons.
- Oliveira Júnior, R.S., Regitano, J.B. 2009. Dinâmica de pesticidas no solo. En: Melo, VF; Alleoni, LR *Química e mineralogia do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 2: 187-248.
- Parte, S.G., Mohekar, A.D., Kharat, A.S. 2017. Microbial degradation of pesticide: A review. *Af J Microbiol Res* 11: 992-1012.
- Rector, L., Pittman, K., Beam, S., Bamber, K., Cahoon, C., Frame, W., & Flessner, M. 2019. Herbicide carryover to various fall-planted cover crop species. *Weed Technology*, 34 (1), 25-34. <https://doi:10.1017/wet.2019.79>
- SAS Institute Inc. 2015. SAS/IML® 14.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

María Luz Cazenave  
EFECTO DE CARRYOVER DEL HERBICIDA FOMESAFEN EN UNA ROTACION DE  
CULTIVOS DE LA REGIÓN SEMIARIDA PAMPEANA CENTRAL

- Senseman, S.A. 2007. *Herbicide Handbook*. 9th ed. Lawrence, KS: Weed Sci Society of America. 458 p
- Shaner, DL. 2014. *Herbicide Handbook*. 10th edn. Lawrence, KS: Weed Science Society of America. Pp 54–464
- Sur, R. 2014. Terrestrial Field Degradation Based on Soil, Climatic, and Geographic Factors. In *Non-First Order Degradation and Time-Dependent Sorption of Organic Chemicals in Soil* (pp. 39-56). American Chemical Society.
- Tuesca, C., Papa, J.C. 2016. Evaluación de herbicidas para el manejo de *Amaranthus palmeri* S. Watson en post-emergencia de un cultivo de soja (*Glycine max* L. Merr). Para mejorar la producción 54. <https://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2017/12/Tuesca-y-Papa-Evaluacionherbicidas-para-manejo-amarantus-palmeri.pdf>.
- Vencill, W.K. 2002. *Herbicide Handbook*. 8th ed. Lawrence, KS: Weed Sci Society of America. 493 p.
- Whalen D.M., Bish M.D., Young B.G., Hager A.G., Conley S.P., Reynolds D.B., Steckel L.E., Norsworthy J.K., Bradley K.W. 2019. Evaluation of cover crop sensitivity to residual herbicides applied in the previous soybean [*Glycine max* (L.) Merr] crop. *Weed Technol.* [https://doi: 10.1017/wet.2019.10](https://doi.org/10.1017/wet.2019.10)
- Wilson, R. 2005. Response of Dry Bean and Weeds to Fomesafen and Fomesafen Tank Mixtures. *Weed Technology* 19: 201-206. [https://doi:10.1614/WT-04-166R](https://doi.org/10.1614/WT-04-166R)
- Zhang, Q., Zhu, L., Wang, J. *et al.* 2014. Effects of fomesafen on soil enzyme activity, microbial population, and bacterial community composition. *Environ Monit Assess* 186, 2801–2812. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3581-9>