



Módulos de evaluación para el manejo de malezas difíciles en sistemas agrícolas



PROYECTO
MALEZAS

Participan del proyecto:



Agradecimientos

Al equipo de la empresa **Aurelio Camuyrano e Hijos SRL** (propietarios del establecimiento **La Escondida y miembros de los CREA Ranqueles y Huinca-Renancó**) por la predisposición y compromiso en la implementación del módulo de evaluación.

A las empresas **Basf, Bayer, Sumitomo, Syngenta y AgroSpray** por el intercambio técnico y acompañamiento como sponsors.

A todo el equipo del **Proyecto Malezas de CREA** por su predisposición y acompañamiento.

A los **CREAs** en cuyos establecimientos estamos ensayando, por el fuerte compromiso y apoyo al proyecto.

A las **regiones**, por el compromiso y la actitud permanente de superación y crecimiento.

“Evaluación de estrategias para el manejo de *Amaranthus* sp. en el cultivo de soja”

Región CREA: **Centro**

Responsables Técnicos: **Máximo Camuyrano, Laura Franchino, Pía Bonamico y Guillermo García**

Localidad: **General Levalle, Córdoba**

Establecimiento: **“La Escondida”**

Maleza Driver: ***Amaranthus* sp.**

Abril 2021

Objetivos del ensayo

El objetivo del módulo fue evaluar la eficacia de control de diferentes estrategias de manejo sobre *Amaranthus sp.* en el cultivo de soja. Las estrategias evaluadas fueron combinaciones de herbicidas aplicados en dos momentos importantes del cultivo: preemergencia y postemergencia temprana. Además, se evaluó el efecto combinado de estas aplicaciones, tanto sobre un cultivo de servicio previo como sobre barbecho químico.

Materiales y métodos

Descripción climática de la campaña

La campaña 2020/21 recibió solo un 80% de las precipitaciones normales (Figura 1). Sólo enero registró precipitaciones mayores al promedio histórico, el resto de los meses estuvieron por debajo, destacándose negativamente octubre y febrero con 50 y 68 mm por debajo de lo normal, respectivamente. Estas escasas precipitaciones, sumado a un invierno con muchas heladas, condicionaron la productividad del centeno de servicio. Además, se observó un retraso de la emergencia de malezas.

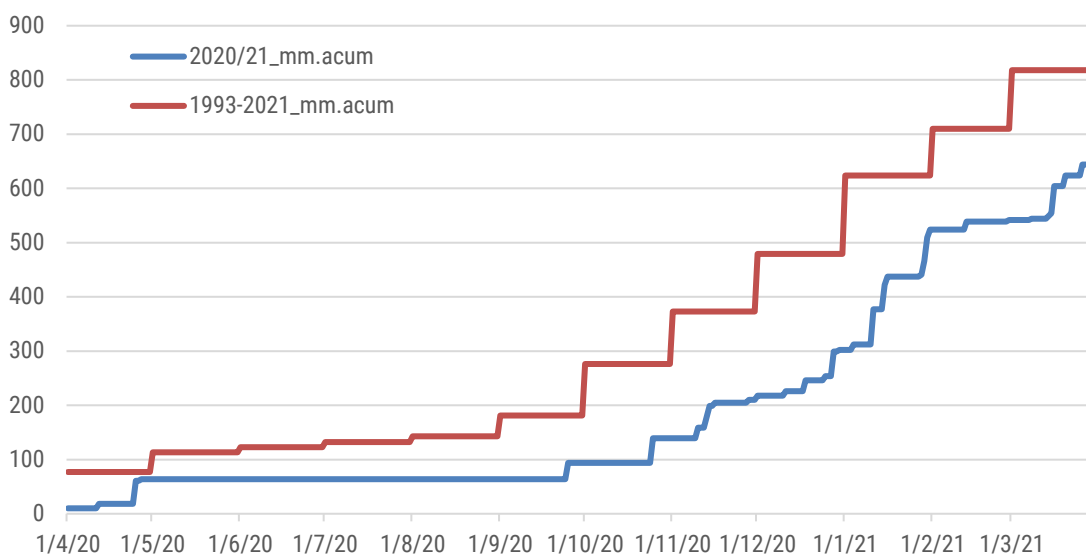


Figura 1. Precipitaciones acumuladas durante la campaña 2020/21 (valores diarios) y el promedio del periodo 1993-2021 (valores mensuales).

Si bien la campaña fue seca, las condiciones hídricas resultaron satisfactorias para la incorporación de los herbicidas residuales (preemergentes). No ocurrió lo mismo con los herbicidas postemergentes. Al momento de realizar los rescates, el cultivo y las malezas presentes manifestaban síntomas de déficit hídrico, ya que solo se registraron dos eventos de menos de 10 mm en las tres semanas previas (Tabla 1).

Tabla 1. Precipitaciones acumuladas en periodos de interés del ensayo.

Período	Precipitaciones (mm)
Siembra y secado del cultivo de servicio [161 d]	54
Secado del cultivo de servicio y siembra de soja [40 d]	75
Aplicación de herbicidas pre-emergentes y siembra de soja [6 d]	45
Siembra de soja y aplicación de herbicidas post-emergentes [42 d]	124
3 semanas previas a la aplicación de herbicidas post-emergentes [21 d]	13

Manejo previo

Con el objetivo de evaluar el efecto combinado del antecesor junto con las estrategias químicas evaluadas en pre y postemergencia, el ensayo se llevó adelante sobre dos situaciones previas, siembra de centeno sin finalidad de cosecha o barbecho químico sobre el rastrojo de maíz (Tabla 2). La producción del Centeno fue de 4.890 Kg MS/ha.

Tabla 2. Prácticas previas a la siembra del cultivo de soja.

CULTIVO DE SERVICIO	BARBECHO MAÍZ
30/03/20 Tratamiento presiembra del CS <i>Glifosato 2 l/ha + Dicamba 0,15 l/ha + Adyuvante</i>	22/06/20 Barbecho largo <i>Glifosato 1,5 kg/ha + 2,4 D 1 lt/ha + Adyuvante</i>
2/04/20 Siembra del CS <i>Centeno Quehue 30 kg/ha</i>	
9/09/20 Secado del CS <i>Glifosato 1,5 kg/ha + 2,4 D 1 lt/ha + Adyuvante</i>	

Cronología del ensayo

- El **23 de octubre** 2020 se aplicaron los **tratamientos de preemergencia** sobre las 2 situaciones de antecesores: i) Barbecho químico y ii) Cultivo de servicio centeno.
- El **29 de octubre se implantó el cultivo de soja** sobre todo el ensayo, con una densidad de siembra de 400.000 plantas por hectárea y un distanciamiento entre hileras de 42 cm. La variedad utilizada fue DM 46R18, fertilizado con 35 kg/ha de superfosfato simple.
- El **30 de octubre se reseteó** con 35 g/ha Heat (Saflufenacil), con el objetivo de poner a cero el ensayo.
- Se realizó la **primera medición de frecuencia** de malezas, el **3 de diciembre**, 41 días después de la aplicación (DDA) de los preemergentes.

- El **9 de diciembre**, se aplicaron los **tratamientos postemergentes** sobre 9 de las franjas de preemergentes evaluadas. En el caso del antecesor maíz temprano se hicieron con 2 postemergentes, mientras que, para el antecesor centeno de servicio, se evaluó sólo un tratamiento.
- Se realizó la **segunda medición de frecuencia** de malezas, el **15 de diciembre**, 53 DDA de los preemergentes y 6 DDA respecto de los postemergentes.
- El **7 de enero se realizó la tercera y última medición de frecuencias**, a los 76 DDA de los preemergentes y 29 DDA de los postemergentes.
- El **2 de marzo se realizó un vuelo con drone equipado con cámara multiespectral** para fotografiar el ensayo y cuantificar el nivel de enmalezamiento con *Amaranthus sp.* de cada una de las parcelas.
- Finalmente, el **27 de abril se cosechó** el ensayo. Debido al tamaño de las parcelas, se priorizó la evolución de tratamientos químicos preemergentes (se cosecharon sin diferenciar entre antecesor, y aplicación o no de rescate químico).

Diseño del ensayo

A continuación, se detalla el croquis del ensayo (Figura 2).

← N	Antecesor Maíz Temprano				Antecesor CS: Centeno			
					FS: 02/04/2020 - 36 kg centeno/ha F. Quemado: 25 Agosto 2021 Quemado: Glifosato (1,5 kg/ha) + 2,4 D (1 l/ha) Prd MS: 4890 kg/ha			
Testigo 1								
Preemergente 1	Zidua Pack (Pyroxasulfone + Saflufenacil) (35 + 200 gr/ha)				Sulfentrazone (400 cc/ha) + Dual Gold (S-Metolaclo) (1 lt/ha)			
Preemergente 2	Zidua Pro [Piroxasulfone + Saflufenacil + Imazetapir] (500 cc/ha)							
Testigo 2								
Preemergente 3	Zethamaxx [Flimioxazin + Imazetapir] (650 cc/ha)							
Preemergente 4	Sencorex Duo (Sulfentrazone + Metribuzin) (550 gr/ha) + Acetocloro (1,5 lt/ha)							
Testigo 3								
Preemergente 5	Flumioxazin (150 cc/ha) + Dual Gold (S-Metolaclo) (1 lt/ha)							
Preemergente 6	Zidua (Pyroxasulfone) (160 gr/ha) + Flumioxazin (150 cc/ha)							
Testigo 4								
Preemergente 7	Sulfentrazone (400 cc/ha) + Dual Gold (S-Metolaclo) (1 lt/ha)							
Preemergente 8	Zidua (Pyroxasulfone) (160 gr/ha) + Sulfentrazone (400 cc/ha)							
Testigo 5								
Preemergente 9	Sulfentrazone (600 cc/ha) + Dual Gold (S-Metolaclo) (1 lt/ha)							
Testigo 6								
Testigo Post2	Post 2	Post 1	Testigo Post1					
	Fomesanefen (1 lt/ha) + Benazolin (0,6 lt/ha)	FlexStar [Fomesafen + Glifosato] (4,5 lt/ha)				Fomesanefen (1 lt/ha) + Benazolin (0,6 lt/ha)		

Figura 2. Croquis del ensayo.

Resultados

Mediciones de frecuencia

Una de las formas utilizadas para evaluar la performance de cada estrategia fue realizar mediciones de frecuencia de malezas. Para ello se utilizó un cuadrado de alambre de 25 x 25 cm, el cual se arrojó 25 veces en cada parcela, registrándose presencia o no de malezas. Se realizaron las mediciones en cada parcela tratada y su testigo correspondiente a los 41 DDA desde la aplicación de los herbicidas preemergentes, 53 DDA preemergentes – 6 DDA postemergentes, y 76 DDA preemergentes – 29 DDA postemergentes. A continuación, se presentan las mediciones de frecuencia para cada estrategia evaluada: estrategias de antecesor, químicas y su efecto combinado.

1. Estrategias de antecesor

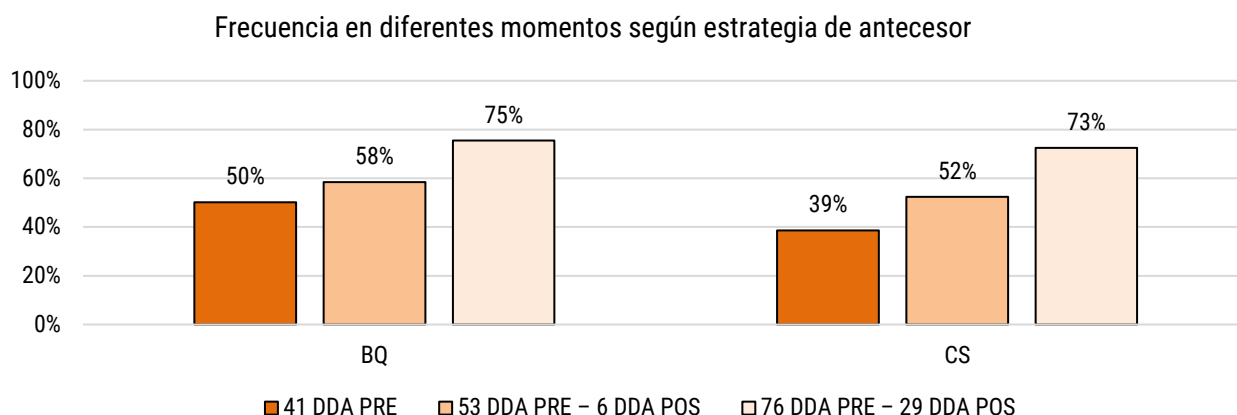


Figura 3. Evolución de frecuencia de *Amaranthus sp.* según el antecesor, barbecho química o cultivo de servicio. Valores promedio de los diferentes tratamientos químicos realizados sobre cada antecesor.

La presión de malezas fue menor sobre cultivo de servicio que sobre barbecho químico, principalmente en los estadios vegetativos del cultivo de soja (Figura 3). Es importante destacar que las mediciones frecuencia indican presencia de la maleza en cuestión, sin dimensionar el tamaño de ésta. En las recorridas se pudo observar que, si bien la diferencia de frecuencia de *Amaranthus sp.* entre antecesores disminuyó con el avance del ciclo del cultivo de soja, el crecimiento de la maleza fue diferente. En parcelas sobre cultivos de servicio, las plantas de *Amaranthus sp.* mostraron un menor tamaño.

2. Estrategias químicas

Se evaluó el efecto del momento de intervención química, calculando la frecuencia promedio obtenida en todas las franjas testigo (sin químicos), en las que tuvieron sólo preemergentes, sólo postemergentes y en las que recibieron las dos aplicaciones (Figura 4). En primer lugar, se observa que las franjas que no recibieron ninguna aplicación química (TT) presentaron una elevada frecuencia de *Amaranthus sp.* respecto de las que tuvieron algún tipo de aplicación. Al comparar los momentos de aplicación en la segunda medición (53 DDA PRE), las parcelas con sólo estrategias de preemergencia tuvieron casi la mitad de la frecuencia que aquellas que sólo recibieron postemergentes. Sin embargo,

la menor frecuencia de malezas a lo largo de todas las mediciones se observó en las parcelas sobre las que se aplicaron pre y postemergentes, llegando a la última medición con un 62% de frecuencia (vs 73% de PRE, 80% de POST y 89% de testigo).

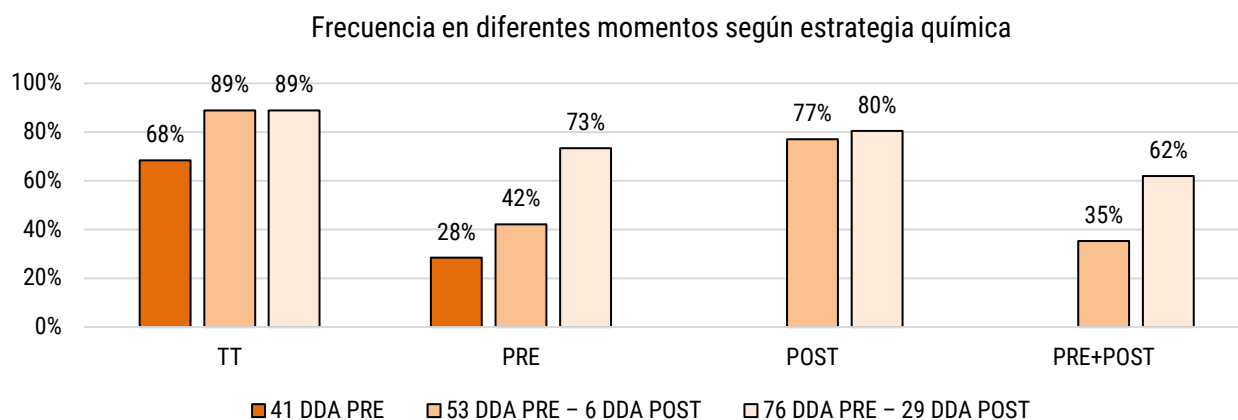


Figura 4. Valores promedio de frecuencia de *Amaranthus* para los tratamientos de preemergencia, postemergencia, preemergencia + postemergencia y los testigos sin aplicación de herbicidas.

3. Estrategias químicas + sistema (antecesor)

Al evaluar el efecto del antecesor sobre los tratamientos químicos, en los preemergentes se observa que, en la primera medición, las parcelas que se aplicaron sobre cultivo de servicio tuvieron menor frecuencia de *Amaranthus sp.* que aquellas sobre barbecho químico (Figura 5). Esto se atribuye a que el centeno logró disminuir la presión inicial, atrasando la emergencia de malezas. Sin embargo, en las últimas mediciones no se ven diferencias entre antecesores. En los postemergentes, el impacto del cultivo de servicio es aún mayor (Figura 6). A los 6 DDA y 30 DDA de los postemergentes, las parcelas sobre centeno de cobertura mostraron una menor frecuencia de *Amaranthus sp.*

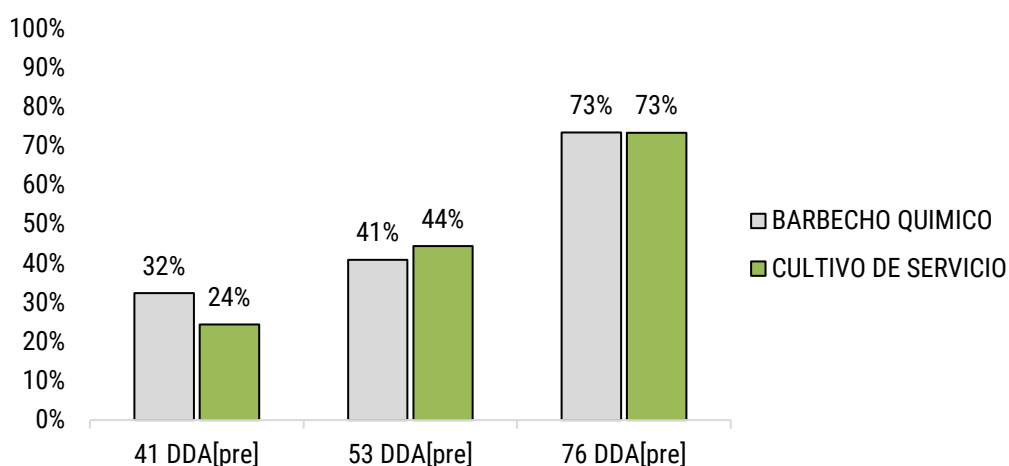


Figura 5. Valores promedio de frecuencia de *Amaranthus sp.* en parcelas donde se aplicaron tratamientos químicos de preemergencia, según antecesor y tiempo desde la aplicación.

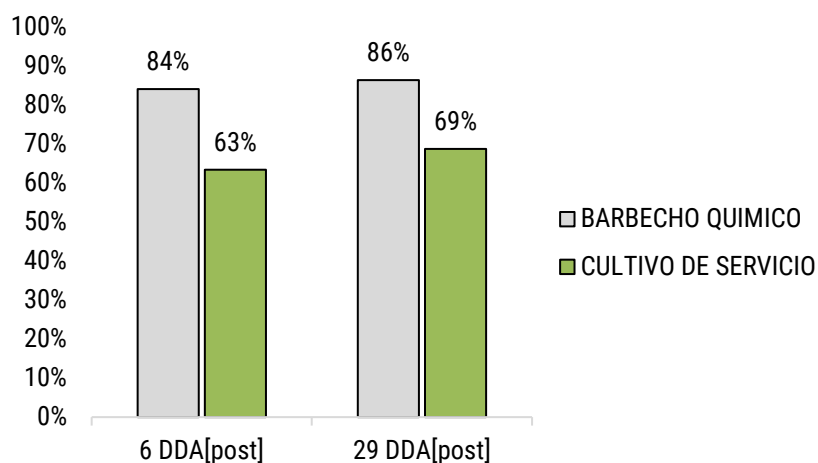


Figura 6. Valores promedio de frecuencia de *Amaranthus sp.* en parcelas donde se aplicaron tratamientos químicos de postemergencia, según antecesor y tiempo desde la aplicación.

4. Estrategias químicas – preemergentes

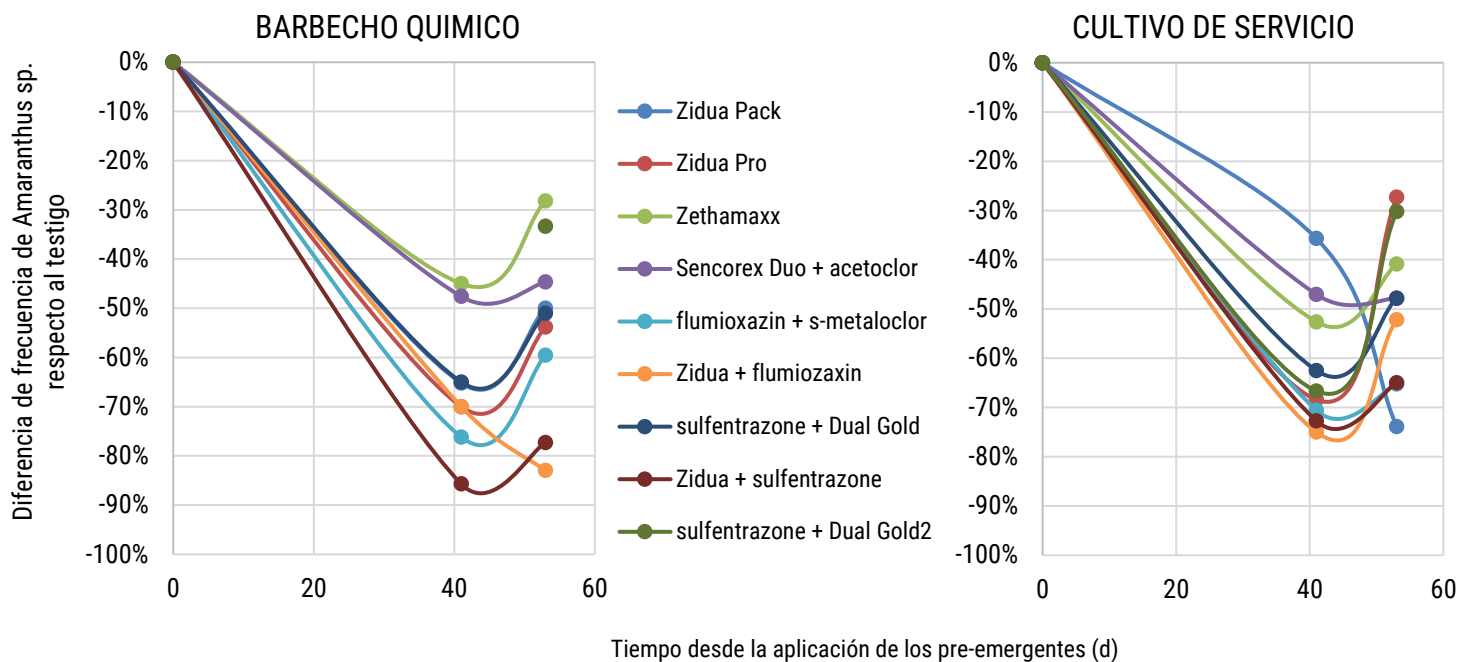


Figura 7. Frecuencia de *Amaranthus sp.* en las estrategias químicas de preemergencia relativa a la frecuencia del testigo apareado, para cada situación de antecesor, en diferentes momentos desde la aplicación.

Para evaluar las diferencias entre estrategias químicas de preemergencias, se calculó la frecuencia de la parcela tratada relativa a la frecuencia del testigo apareado. A mayor diferencia, mejor es la

performance del tratamiento ya que logró una mayor diferencia de control respecto de su testigo (Figura 7).

Sobre barbecho químico previo, se observó que algunas estrategias redujeron un 30% la frecuencia respecto al testigo, mientras que otras lograron disminuirlo en más de un 80%. En líneas generales, las estrategias que tenían Pyroxasulfone en la mezcla lograron las mayores diferencias de frecuencia respecto a sus testigos, y por lo tanto los mejores resultados de control de *Amaranthus sp.* Sobre cultivo de servicio se observó una tendencia similar. Vale aclarar que los testigos sobre centeno también redujeron la presión de malezas, por lo que el aporte de los residuales es un poco menor que en la situación de barbecho.

5. Estrategias químicas – postemergentes

El mismo análisis se realizó para las estrategias postemergentes (Figura 8). Los postemergentes aplicados sobre barbecho químico no mostraron casi diferencias entre ellos y presentaron un menor control (menor diferencia) respecto de la estrategia que se probó sobre cultivo de servicio, que presentó un mayor diferencial respecto de su testigo apareado. Es probable que el cultivo de servicio haya colaborado en tener un menor tamaño de malezas al momento de la aplicación las estrategias de rescates, debido al atraso en las emergencias de *Amaranthus sp.* Este aspecto favoreció la performance de los herbicidas postemergentes.

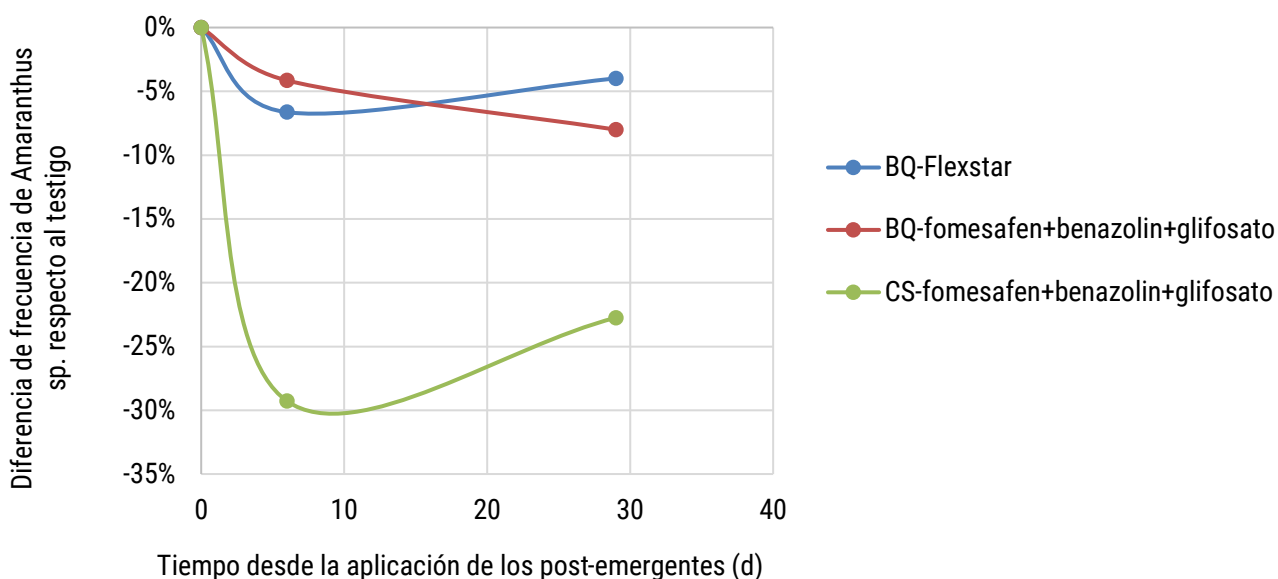


Figura 8. Frecuencia de *Amaranthus* en las estrategias de postemergencia relativa a la frecuencia del testigo apareado, para cada situación de antecesor, a los 6DDA y 29 DDA de los postemergentes.

Finalmente, en parcelas sobre barbecho químico, se analizó el aporte de las dos estrategias de postemergencia aplicadas sobre los distintos preemergentes (Figura 9). En primer lugar, se observó que en la mayoría de las estrategias, los postemergentes ayudaron a disminuir la frecuencia de malezas respecto a los preemergentes solos. Hay casos en que las dos estrategias de post funcionaron de la misma manera para el preemergente (ejemplo, Zidua Pack), casos en que la

combinación dio mejor resultados con Flexstar (ejemplo, Zidua Pro), y un caso en que la combinación con Fomesafen + Benazolin dio mejores resultados (Sulfentrazone 0,4 + Dual Gold).

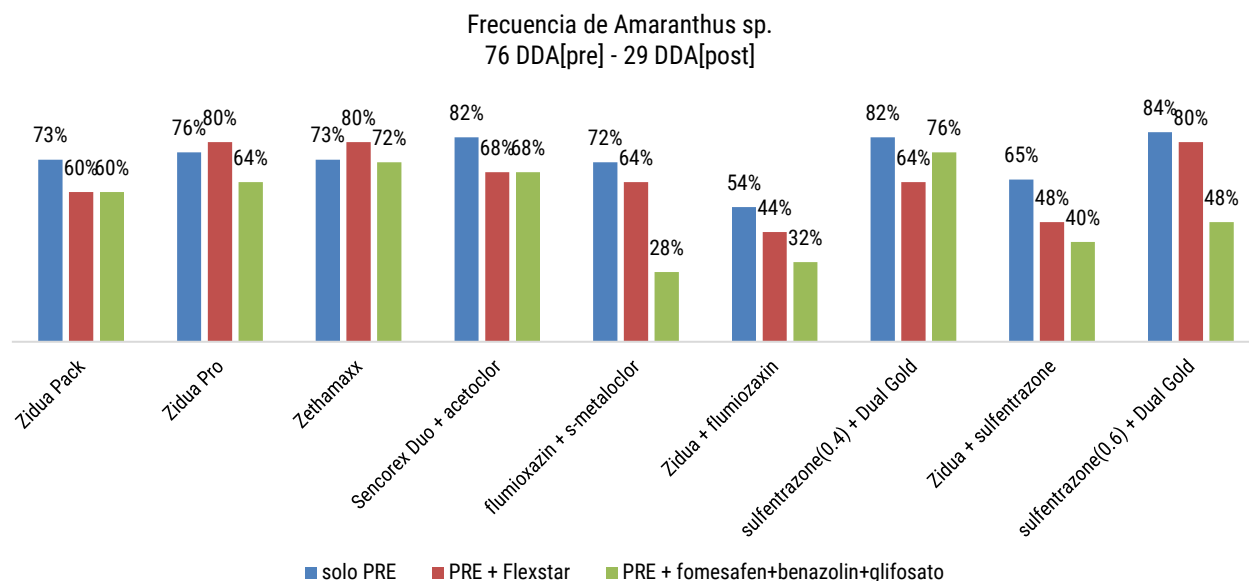


Figura 9. Frecuencia promedio de *Amaranthus* en estrategias de preemergencia junto con las estrategias de postemergencia evaluadas a los 29 DDA de postemergentes, en la parcela de barbecho químico.

Estimación de enmalezamiento

El día 4 de enero 2021 (73 DDA pre – 26 DDA post) y el 2 de marzo (130 DDA pre – 83 DDA post) se voló el ensayo de soja con un drone con cámara RGB incorporada (PHANTOM 4 ADVANCED 20 MP) y, además, cámara multispectral (MICASENSE RED EDGE M 1.2 MP). Las imágenes obtenidas permitieron realizar mosaicos con una resolución espacial de 1 y 3 cm, con las cámaras RGB y multispectral, respectivamente. A continuación, se muestran algunas de las imágenes obtenidas (Figura 10).

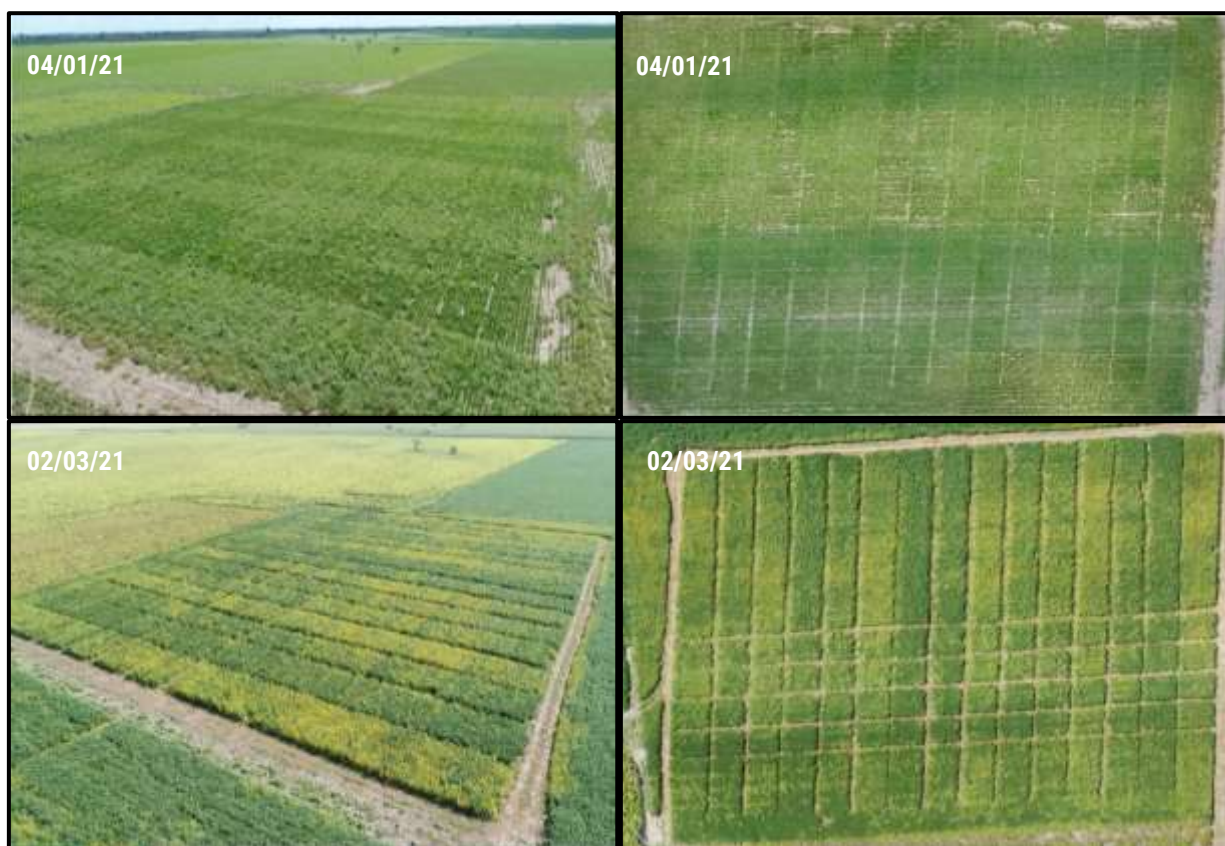


Figura 10. imágenes obtenidas con cámara RGB en los vuelos de drone el 04/01/21 y 02/03/21.

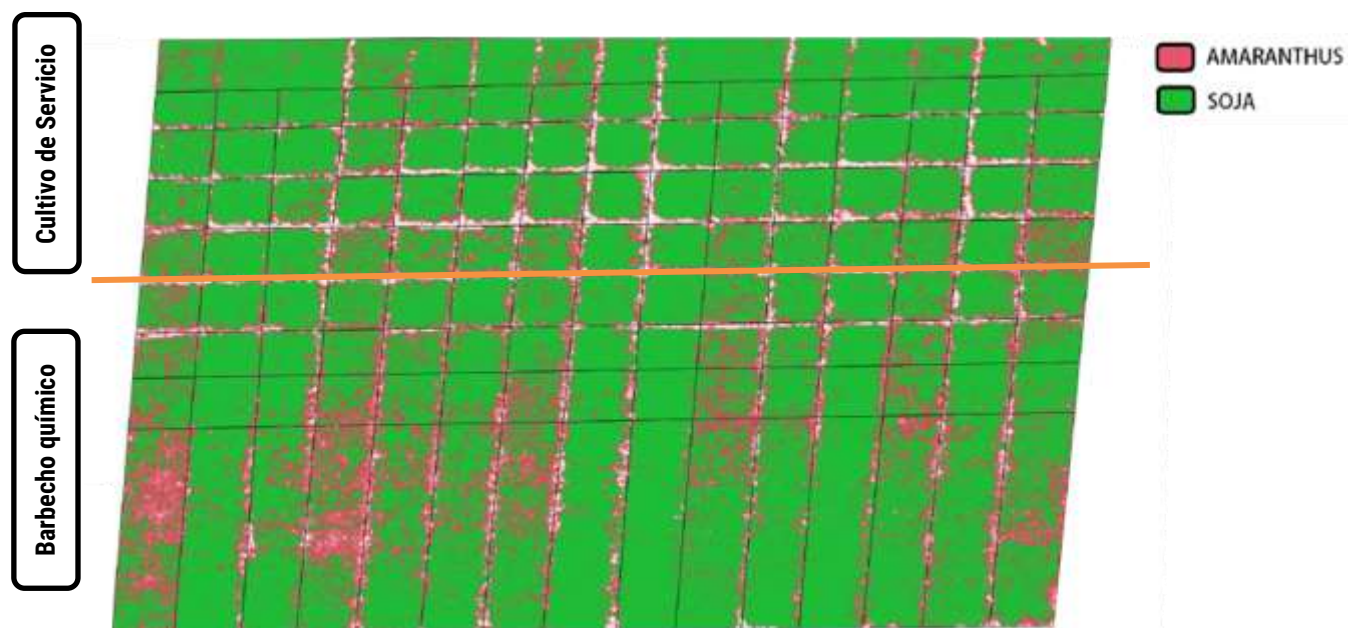


Figura 11. Diferenciación entre *Amaranthus sp.* y el cultivo de soja, a partir de análisis de valores de NDVI obtenidos en el vuelo del 02/03/21.

El aporte de los cultivos de servicio observado en las mediciones de frecuencia puede también ser visualizado en el análisis de NDVI realizado para diferenciar la cobertura de *Amaranthus sp.* de la de Soja (Figura 11). En términos generales, se observa un verde más unificado en las parcelas que tuvieron como antecesor el cultivo de servicio, respecto a las parcelas que tuvieron barbecho químico, incluso en los testigos, lo que indica una menor cobertura de *Amaranthus sp.*

Se calculó el porcentaje de cobertura de *Amaranthus sp.* en toda la superficie evaluada sobre cultivo de servicio y sobre barbecho químico, considerándose esto como nivel de enmalezamiento. En promedio, el 15% de la superficie de cultivo realizado sobre barbecho químico estuvo cubierta de *Amaranthus sp.*, mientras que, en el caso de cultivo de servicio como antecesor, el enmalezamiento fue menor con un 10% de cobertura de la maleza (Figura 12).

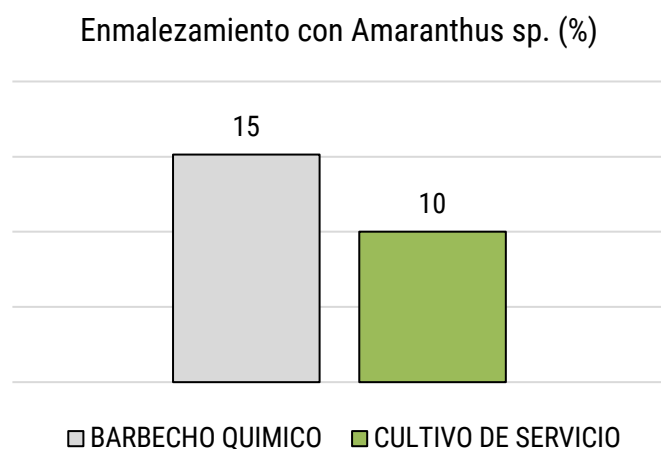


Figura 12. Porcentaje promedio de enmalezamiento (%) según antecesor (promedio de las parcelas).

Las diferencias en el nivel de enmalezamiento entre antecesores fueron mayores si solo se consideran las parcelas testigos (es decir, sin aplicación de herbicidas) o aquellas en las que solo se utilizaron estrategias de rescate (Figura 13). En el caso de parcelas con aplicación solo de herbicidas preemergentes o éstos más postemergentes las diferencias se redujeron, pero siempre el nivel de enmalezamiento fue menor en cultivos de soja sobre centeno que sobre barbecho químico. Nuevamente, este análisis sugiere el aporte del cultivo de servicio mediante un retraso de la emergencia de *Amaranthus sp.* El impacto de ello se ve claramente en la mejor performance de las estrategias de rescate (se realizó la aplicación con malezas de menor tamaño), aunque también contribuye en una mejor performance de los herbicidas residuales de preemergencia.

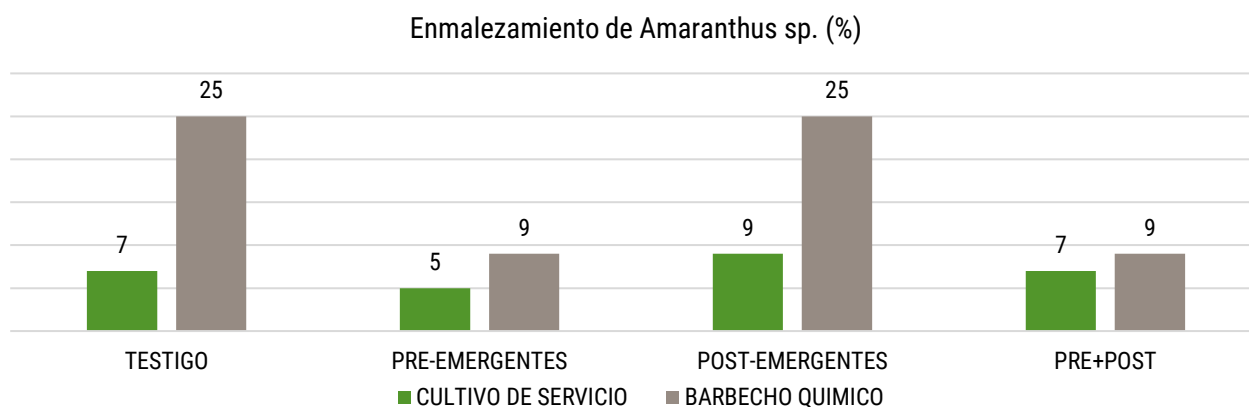


Figura 13. Porcentaje promedio de enmalezamiento (%) para preemergentes, postemergentes y preemergentes + postemergentes, según antecesor (promedio de las parcelas).

Para analizar el nivel de enmalezamiento con cada preemergente, se calculó la diferencia de enmalezamiento del tratamiento respecto de su testigo apareado (Figura 14). Todos los preemergentes aportaron su residualidad, logrando disminuir el porcentaje de enmalezamiento entre un 35% y 81% respecto de sus correspondientes testigos. Cabe destacar que los tratamientos que tuvieron Pyroxasulfone en su combinación tuvieron un comportamiento similar, obteniendo la mayor diferencia de enmalezamiento (Zidua Pack tuvo la mejor performance).

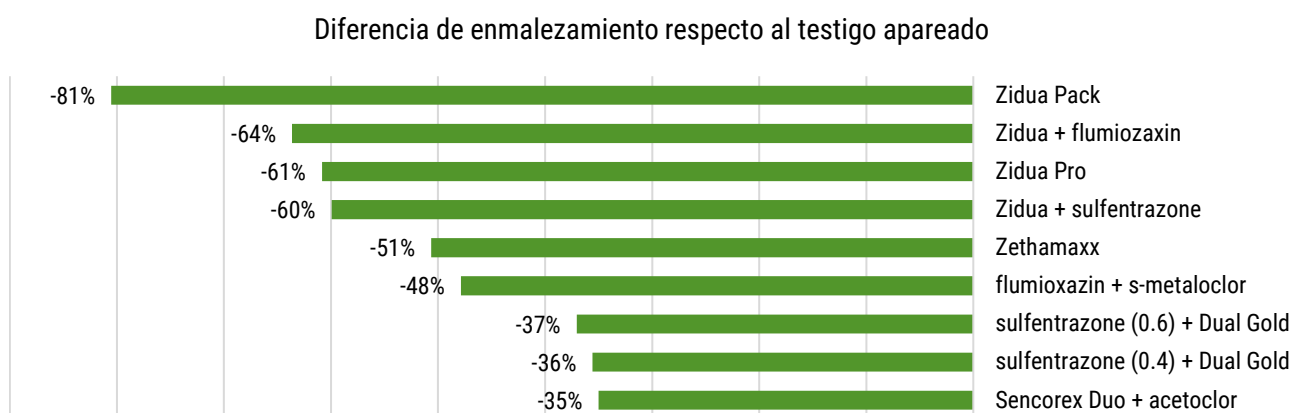


Figura 14. Nivel de enmalezamiento (%) en las estrategias de preemergencia relativo al enmalezamiento del testigo apareado. Promedio de los dos antecesores.

Indicadores ambientales

Mediante el Sistema de Indicadores Ambientales de Gestión Ambiental CREA, se calculó: (i) el uso de fitosanitarios por banda toxicológica según SENASA, (ii) el EIQ (Índice de Impacto Ambiental), y (iii) el RIPEST (Riesgo de Pesticidas) para los diferentes tratamientos preemergentes, solos o en combinación con un rescate en postemergencia (Flexstar), y el testigo sin aplicación. En todos los casos se consideraron los herbicidas del barbecho químico y una aplicación de insecticida y fungicida.

Como era de esperar, en el testigo se utilizó una menor cantidad de principio activo (Figura 15). Por su parte, las estrategias residuales utilizaron un nivel similar de principio activo, aumentando cuando se aplicaron rescates. Verde (IV) y amarillo (II) fueron las clases toxicológicas más utilizadas

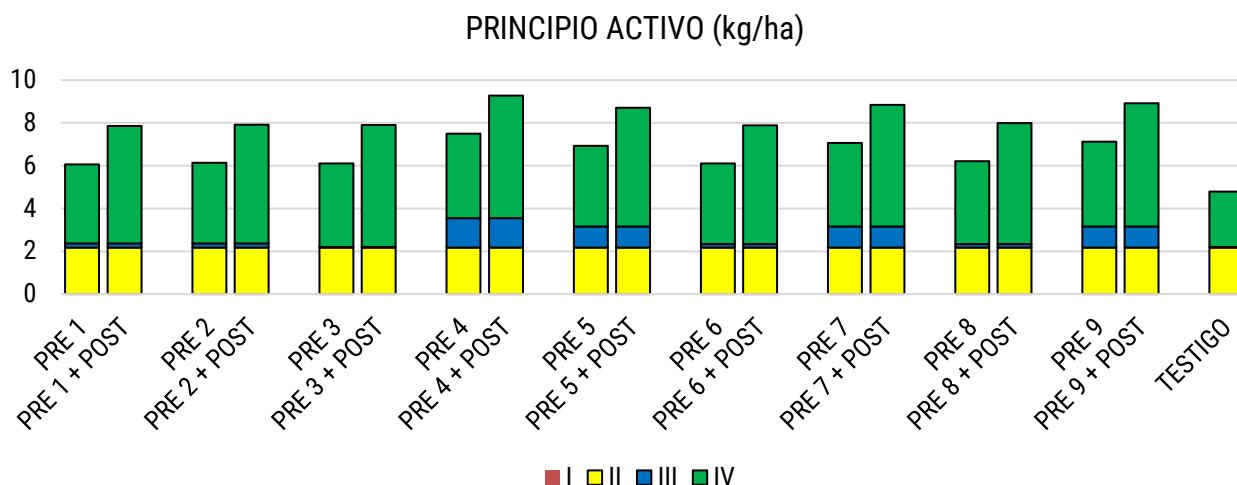


Figura 15. Cantidad de principio activo (kg/ha), disgregado por banda toxicológica (SENASA), para cada tratamiento preemergente, con o sin postemergente, y el testigo.

El EIQ tiene 3 componentes de riesgo: para trabajadores rurales, para consumidores, y ecotoxicológico, los cuales se promedian en un EIQ “de campo”. En línea con la cantidad de principio activo utilizado, las aplicaciones de herbicidas residuales aumentaron el EIQ respecto del testigo, incrementándose aún más cuando se le sumó un rescate (Figura 16).

El RIPEST brinda un índice de toxicidad para insectos y otro para mamíferos, los cuales se integran en un índice de pesticidas. Sólo se realizaron los cálculos para los tratamientos con los productos disponibles en el sistema. En este caso, no se observaron grandes diferencias entre los tratamientos preemergentes y el testigo (Figura 17). La respuesta estuvo gobernada principalmente por los productos comunes a todos los casos (es decir, herbicidas del barbecho, insecticidas y fungicidas).

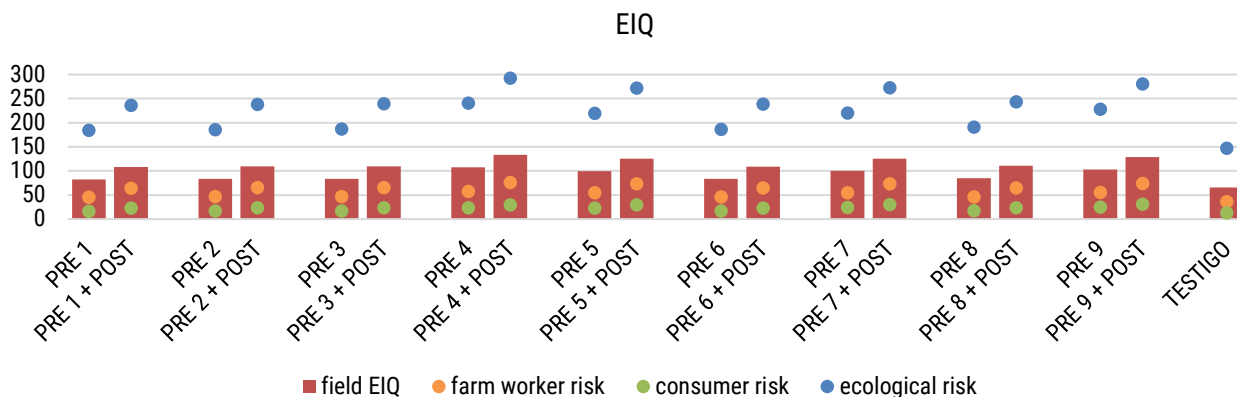


Figura 16. Indicador EIQ calculado para cada tratamiento preemergente, con o sin postemergente, y el testigo.

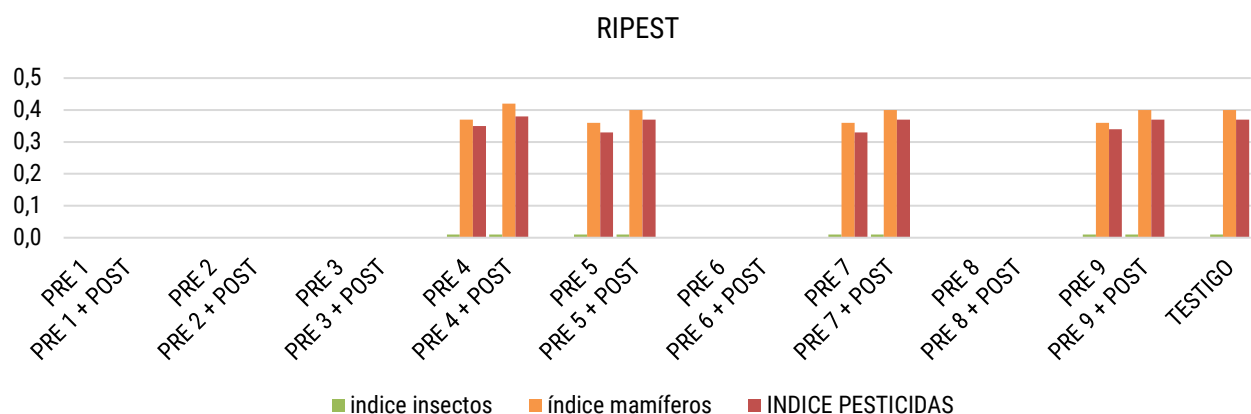


Figura 17. Indicador RIPEST calculado para cada tratamiento preemergente, con o sin postemergente, y el testigo.

Rendimiento obtenido

Al final del ensayo, se cosecharon las franjas de preemergentes y testigos, sin discriminar entre antecesor y postemergentes, obteniéndose rendimientos de soja de entre 31 y 58 qq/ha. En términos generales, se observó un menor rendimiento en las franjas testigos respecto a las tratadas con preemergentes, logrando los mejores resultados las estrategias que tenían Pyroxasulfone en su combinación (Figura 18). Considerando estos datos de rendimiento y los EIQ calculados, se pudo estimar la productividad por nivel de impacto ambiental (es decir, kg de soja por unidad de EIQ). Debido al marcado impacto del enmalezamiento, se observó que con el uso de herbicidas preemergentes el rendimiento por unidad de EIQ fue mayor (Figura 19).

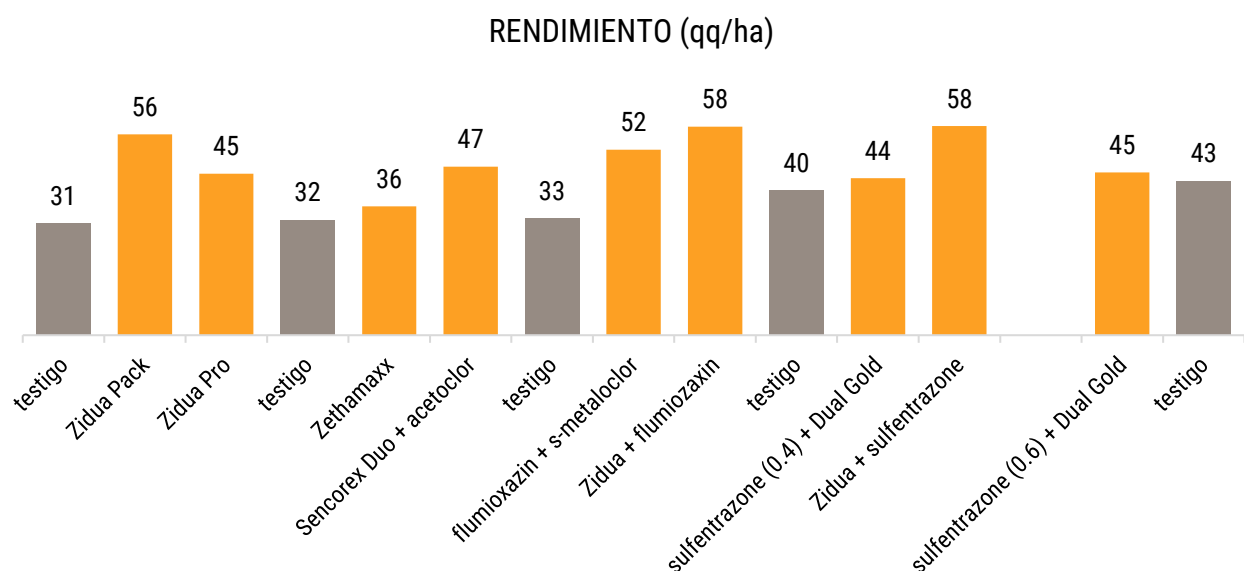


Figura 18. Rendimiento de soja (qq/ha) obtenido en cada estrategia de preemergencia y sus testigos apareados.

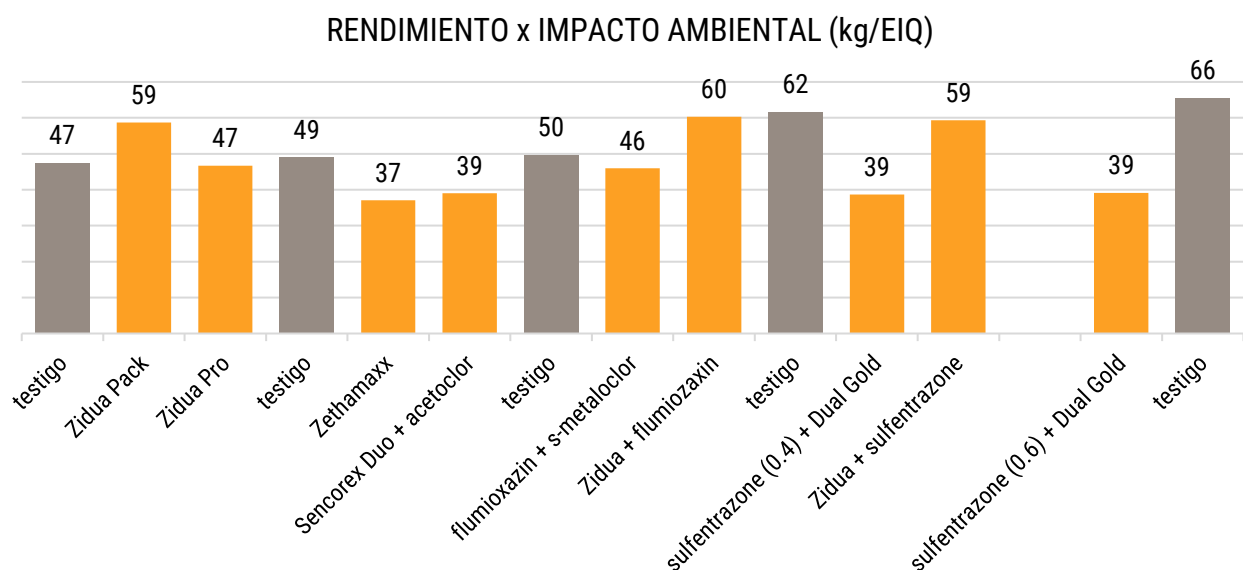


Figura 19. Rendimiento de soja obtenido por unidad de EIQ (kg/EIQ) en cada estrategia de preemergencia y sus testigos apareados.

Por último, se estimó la función de pérdida de rendimiento de soja debido al enmalezamiento con *Amaranthus sp.* En líneas generales, se perdieron 115 kg/ha de soja por cada punto porcentual que aumentó la presión de *Amaranthus sp.* (Figura 20). En términos porcentuales, se perdió un 2% de rendimiento de soja por cada 1% de enmalezamiento.

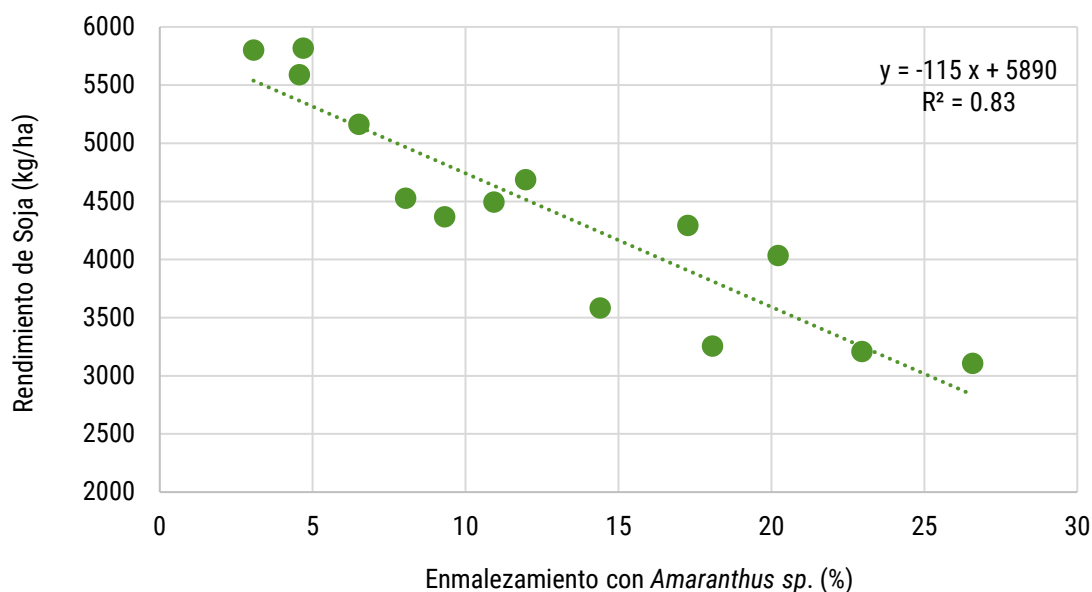


Figura 20. Rendimiento de soja (kg/ha) en función del nivel de enmalezamiento estimado a partir de los valores de NDVI obtenidos en el vuelo (drone con cámara multispectral) del 02/03/21. Se indica el ajuste por regresión lineal y la correspondiente ecuación y coeficiente de determinación.

Conclusiones generales

En el módulo 20/21 del Proyecto Malezas realizado en Región Centro se volvió a demostrar la importancia de abordar el manejo de malezas problema como *Amaranthus sp.* con diferentes estrategias, tanto químicas como de sistema. La adopción de cultivos de servicio puede colaborar en disminuir la presión inicial de la maleza, favoreciendo la competencia del cultivo e incluso, si es necesario, aumentando las chances de lograr un buen control de rescate. En esta línea, se destacó nuevamente la ventaja de contar con herbicidas residuales correctamente incorporados previo a la siembra del cultivo de soja. La pérdida de rendimiento cuantificada (aproximadamente 2% de rendimiento por cada 1% de enmalezamiento) pone valores a un problema recurrente. Por último, y no por ello menos importante, en este módulo comenzamos a evaluar la dimensión ambiental de nuestras decisiones de manejo.