

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**INTERACCIÓN DE HERBICIDA, RASTROJO, MOMENTO Y
CANTIDAD DE LLUVIA SOBRE EL CONTROL PRE-EMERGENTE
DE *Echinochloa colona* Y *Eleusine tristachya***

Ing. Agr. Esp. Diego Ezequiel Cerutti

Trabajo Final de Graduación presentado como requisito parcial para optar por
el título de Magister en Protección Vegetal

DIRECTOR: Ing. Agr. Dr. Ignacio Miguel Dellaferrera

CO-DIRECTOR: Ing. Agr. Esp. Eduardo José Cortés

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



Mayo 2024

Esperanza, Santa Fe, Argentina

**INTERACCIÓN DE HERBICIDA, RASTROJO, MOMENTO Y
CANTIDAD DE LLUVIA SOBRE EL CONTROL PRE-EMERGENTE
DE *Echinochloa colona* Y *Eleusine tristachya***

Ing. Agr. Esp. Diego Ezequiel Cerutti

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por la Universidad Nacional del Litoral como requisito parcial para optar al grado de Magister en Protección Vegetal.

DIRECTOR: Ing. Agr. Dr. Ignacio Miguel Dellaferrera

CO-DIRECTOR: Ing. Agr. Esp. Eduardo José Cortés

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador

JURADO: Ing. Agr. Dr. Roberto Scotta

JURADO: Ing. Agr. MSc. Diego Ernesto Szwarc

JURADO: Ing. Agr. Dra. Elisa Panigo:

Presentación formal académica

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



2 de mayo de 2024

Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Litoral

Esperanza, Santa Fe, Argentina

AGRADECIMIENTOS

A mi director Ing. Agr. Dr. Ignacio Miguel Dellaferrera por su excelente predisposición, tiempo, dedicación, apoyo e incansable tarea haciendo posible la realización de este trabajo final.

A mi co-director Ing. Agr. Esp. Eduardo Cortes por el acompañamiento durante tantos años para el desarrollo de mi carrera profesional y académica.

Al jurado evaluador por su labor y por los aportes realizados en la corrección del presente trabajo: Ing. Agr. Dr. Roberto Scotta, Ing. Agr. M. Sc. Diego Ernesto Szwarc y Ing. Agr. Dra. Elisa Panigo.

Al Ing. Agr. Federico Venier y Mauro Alisio por haberme brindado su tiempo y valiosa ayuda para el desarrollo de la investigación.

A mi familia por acompañarme siempre, siendo los grandes responsables de mis logros académicos; en especial a mi novia por la paciencia, el apoyo y la confianza, y a mi hija por convertirse en lo más importante de mi vida y haberle quitado parte de mi tiempo para estar con ella.

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



DEDICATORIA

A mi compañera de viaje, Ayelén.

A mi hija Catalina.

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



ÍNDICE DE CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
ÍNDICE DE TABLAS.....	<i>vi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>vii</i>
LISTA DE SIGLAS O ABREVIATURAS.....	<i>ix</i>
RESUMEN	<i>x</i>
ABSTRACT	<i>xi</i>
INTRODUCCIÓN	<i>1</i>
OBJETIVO GENERAL.....	<i>5</i>
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	<i>5</i>
MATERIALES Y MÉTODOS	<i>6</i>
RESULTADOS	<i>9</i>
<i>Eleusine tristachya</i>	<i>9</i>
<i>Echinochloa colona</i>	<i>16</i>
DISCUSIÓN	<i>24</i>
CONCLUSIONES	<i>34</i>
BIBLIOGRAFÍA	<i>35</i>

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número medio de plantas emergidas de <i>E. tristachya</i> en cada maceta en función de la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo, sin aplicación de herbicidas.....	9
Tabla 2: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida S-metolachlor en función de los factores presencia de rastrojo, cantidad de lluvia y momento de lluvia para incorporación.....	9
Tabla 3: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida pyroxasulfone en función de los factores presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia, momento de lluvia para incorporación y sus interacciones.....	11
Tabla 4: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida imazethapyr en función de los factores presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia, momento de lluvia de incorporación y sus interacciones.....	13
Tabla 5: Número medio de plantas emergidas de <i>E. colona</i> en cada maceta en función de la presencia de 0 y 6 t/ha de rastrojo de trigo, sin aplicación de herbicidas.....	17
Tabla 6: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida S-metolachlor en función de los factores rastrojo, lluvia, tiempo y sus interacciones.....	17
Tabla 7: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida pyroxasulfone en función de los factores presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia, momento de lluvia para incorporación y sus interacciones.....	20
Tabla 8: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida imazethapyr en función de los factores presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia y momento de lluvia de incorporación.....	22



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Porcentaje de control del herbicida S-Metolachlor sobre la especie <i>E. tristachya</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo....	10
Figura 2: Control del herbicida S-Metolachlor sobre la especie <i>E. tristachya</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo.....	10
Figura 3: Porcentaje de control del herbicida pyroxasulfone sobre <i>E. tristachya</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia de incorporación de 20 y 5 mm.....	12
Figura 4: Control del herbicida pyroxasulfone sobre <i>E. tristachya</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia para incorporación de 20 y 5 mm.....	12
Figura 5: Porcentaje de control del herbicida imazethapyr sobre <i>E. tristachya</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo y momento de lluvia de incorporación de 5, 15 y 30 días.....	14
Figura 6: Control del herbicida imazethapyr sobre <i>E. tristachya</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo y momento de lluvia de incorporación a los 5, 15 y 30 días.....	15
Figura 7: Análisis multivariado de los efectos principales para porcentaje de control de los factores herbicida, presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia y momento de lluvia para incorporación sobre <i>E. tristachya</i>	16
Figura 8: Porcentaje de control del herbicida S-metolachlor sobre <i>E. colona</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo y momento de lluvia de incorporación 5, 15 y 30 días.....	18
Figura 9: Porcentaje de control del herbicida S-metolachlor sobre <i>E. colona</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo y momento de lluvia de incorporación a los 5, 15 y 30.....	19
Figura 10: Porcentaje de control del herbicida pyroxasulfone sobre <i>E. colona</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo y cantidad de	

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



lluvia de incorporación de 20 y 5 mm.....	20
Figura 11: Control del herbicida pyroxasulfone sobre <i>E. colona</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia de incorporación de 5 y 20 mm.....	21
Figura 12: Porcentaje de control del herbicida imazethapyr sobre la especie <i>E. colona</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo.....	22
Figura 13: Control del herbicida imazethapyr sobre <i>E. colona</i> con la presencia de 0 y 6 t.ha ⁻¹ de rastrojo de trigo.....	23
Figura 14: Análisis multivariado de los efectos principales para porcentaje de control de los factores herbicida, presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia y momento de lluvia de incorporación sobre <i>E. colona</i>	23

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



LISTA DE SIGLAS O ABREVIATURAS

ALS: acetolactato sintetasa

CE: concentrado emulsionable

cm: centímetros

D.E.: desvío estándar

EPSPS: 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintasa

F.V: factor de variación

g: gramos

g.ha⁻¹: gramos por hectárea

g.i.a.ha⁻¹: gramos de ingrediente activo por hectárea

ha: hectárea

kg.ha⁻¹: kilogramos por hectárea

KPa: kilopascal

l. ha⁻¹: litros por hectárea

m: metro

ml.ha⁻¹: mililitros por hectárea

mm: milímetros

PG: poder germinativo

p-valor: nivel de significancia

SC: suma de cuadrados

SL: líquido soluble

t.ha⁻¹: toneladas por hectárea

WG: gránulos dispersables en agua

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



RESUMEN

Echinochloa colona (L.) Link es una planta anual, de ciclo primavero-estival, que ha desarrollado resistencia a glifosato. *Eleusine tristachya* (Lam.) Lamarck es una especie perenne, de ciclo primavera-estival, existen biotipos difíciles de controlar con glifosato pero no se han realizado denuncias de resistencia. Estas malezas ocupan gran parte del área agrícola de Argentina ocasionando importantes pérdidas en los cultivos de maíz y soja. Los herbicidas pre-emergentes son necesarios para el control de estas especies, pero requieren una lluvia de incorporación para ejercer su acción y pueden ser retenidos por el rastrojo. Existe escasa información respecto a la interacción del efecto de un herbicida con la presencia de rastrojo en superficie, la cantidad y el momento de lluvia de incorporación. Los objetivos de este trabajo fueron i) cuantificar la eficiencia de pyroxasulfone, S-metolachlor e imazethapyr para el control pre-emergente de *Echinochloa colona* y *Eleusine tristachya* y ii) determinar el efecto del rastrojo, la cantidad de lluvia para incorporación, el momento de una lluvia para incorporación y sus interacciones, sobre el control pre-emergente de pyroxasulfone, S-metolachlor e imazethapyr. Los experimentos se llevaron a cabo en invernadero. En macetas, se sembraron semillas de *E. colona* y *E. tristachya*, se aplicaron los herbicidas con y sin rastrojo de trigo en superficie, con lluvias de 5 y 20 mm y momentos de incorporación a los 5, 15 y 30 días después de aplicados. Se determinó el porcentaje de control en función del número de plantas emergidas en cada tratamiento, y su respectivo testigo. El rastrojo fue el factor principal que redujo el efecto herbicida. S-metolachlor tuvo un buen control en ambas especies, pero en *E. colona* redujo su acción herbicida por la interacción rastrojo y momento de incorporación. Pyroxasulfone controló satisfactoriamente *E. colona* y *E. tristachya*, aunque en ambas malezas redujo su acción por la interacción rastrojo y la cantidad de lluvia para incorporación. Imazetaphyr solo controló de manera efectiva *E. colona* en ausencia de rastrojo de trigo.

PALABRAS CLAVE: MALEZAS / RASTROJO / HERBICIDAS / *Eleusine tristachya* / *Echinochloa colona* / PRE-EMERGENTE

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



ABSTRACT

Echinochloa colona (L.) Link is an annual species of spring-summer cycle, that has developed resistant to glyphosate. *Eleusine tristachya* (Lam.) Lamarck is a perennial species, of spring-summer cycle, there are biotypes that are difficult to control with glyphosate but no reports of resistance have been made. These weeds occupy a large part of the agricultural area of Argentina, causing significant losses in corn and soybean crops. Pre-emergent herbicides are necessary to control these species but require an incorporation rain to exert their action and can be retained by stubble. There is little information regarding the interaction of the effect of a herbicide with the presence of stubble on the surface, the amount and timing of incorporation rain. The objectives of this work were i) quantify the efficiency of pyroxasulfone, S-metolachlor and imazethapyr for the pre-emergence control of *Echinochloa colona* and *Eleusine tristachya* and ii) determine the effect of stubble, the amount of rain for incorporation, the moment of a rain for incorporation and its interactions, on the pre-emergence control of pyroxasulfone, S-metolachlor and imazethapyr. The experiments were carried out in a greenhouse. In pots, seeds of *E. colona* and *E. tristachya* were sown, the herbicides were applied with and without wheat stubble on the surface, with rainfall of 5 and 20 mm and incorporation moments at 5, 15 and 30 days after application. The percentage of control was determined based on the number of plants emerged in each treatment, and their respective control. The stubble was the main factor that reduced the herbicide effect. S-metolachlor had good control in both species, but in *E. colona* it reduced its herbicidal action due to the interaction between stubble and incorporation time. Pyroxasulfone satisfactorily controlled *E. colona* and *E. tristachya*, although in both weeds it reduced its action due to the interaction of stubble and the amount of rain for incorporation. Imazetaphyr only effectively controlled *E. colona* in the absence of wheat stubble.

KEYWORDS: WEEDS / STRAW / HERBICIDES / Eleusine
tristachya / *Echinochloa colona* / PRE-EMERGENT

Introducción

Las malezas son plantas que interfieren con la actividad productiva agrícola debido a su adaptación a los ambientes modificados por el hombre y constituyen una de las principales causas de pérdida de rendimiento de los cultivos (Bedmar *et al.*, 2000). Estas pérdidas pueden oscilar entre 0 y 30% para especies poco agresivas, con bajos niveles de infestación, hasta un 80% para malezas más competitivas, en densidades altas y en momentos críticos de desarrollo de los cultivos (Papa, 2000).

En las poblaciones de malezas, el desarrollo de resistencia a herbicidas es un proceso evolutivo que ocurre en respuesta a la presión de selección ejercida por el uso repetido de herbicidas con el mismo sitio de acción (Tuesca *et al.*, 2010). Como resultado de este proceso evolutivo, las poblaciones de malezas se diferencian en ecotipos o biotipos (Tasrif *et al.*, 2011). La selección de biotipos resistentes a herbicidas inhibidores EPSPS como el glifosato, es un fenómeno observado en diferentes regiones agrícolas del mundo (Roman *et al.*, 2004).

En la Argentina, el principal cultivo de verano, en cuanto a superficie sembrada, es la soja con 16,11 millones de ha, seguido por el maíz con 7,96 millones de ha implantadas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2022). En soja prácticamente el 100% de las variedades implantadas poseen resistencia a glifosato y en maíz más del 98% (Tejeda Rodríguez *et al.*, 2021). Entre las malezas presentes en el cultivo de soja, las gramíneas, tanto anuales como perennes, se han convertido en uno de los principales problemas para la región núcleo, elevando año tras año los costos en herbicidas para su control, debido a que han adquirido resistencia a herbicidas (Tuesca y Puricelli, 2007; Carta y Baudrix, 2019). Dentro del complejo de gramíneas anuales, *Eleusine sp.* y *Echinochloa sp.* resistentes a glifosato ocupan gran parte del área agrícola, y se encuentran presentes en más de 10 millones de ha (REM, 2022).

Echinochloa colona (L.) Link conocida vulgarmente como “capín”, es una especie europea, adventicia en Argentina desde el norte del país hasta el norte de la Patagonia; es una planta herbácea, que vegeta a partir de la primavera y

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



florece a partir del verano hasta otoño, donde culmina con la fructificación; se desarrolla en forma de mata, con tallos erguidos hasta los 90 cm de altura, posee hojas lineales, planas, glabras, de 20 cm de largo, a veces con franjas transversales rojizas desprovistas de lígulas, las flores se presentan en panojas erectas, lineal-oblongas a piramidales, con 5 a 15 racimos laterales breves, sus espiguillas son aovadas, múticas o mucronadas, rojizas o verdosas, y el fruto es un cariopse de 1 a 2 mm de longitud (Zuloaga *et al.*, 2003). Es una especie anual, C4, que existe en las zonas tropicales y se ha convertido en una de las malezas más importantes del mundo (Holm, 1991). En nuestro país, la primera denuncia de resistencia a glifosato se realizó en la provincia de Santa Fe (Papa *et al.*, 2010), actualmente existen reportes también en las provincias de Buenos Aires y Córdoba (Cortés *et al.*, 2023).

Eleusine tristachya (Lam.) Lamarck, conocida vulgarmente como “pata de gallina”, es autóctona del norte y centro de Argentina y países limítrofes; es una especie perenne, con emergencia y rebrote primaveral, vegeta principalmente en primavera-verano y florece desde primavera hasta otoño, posee tallos delgados, tenaces, comprimidos, de 10 a 45 cm de altura; hojas con vaina glabra o pelos cortos en la parte superior, lígula membranosa y pestañosa, lámina conduplicada, glabra, de 3 a 4 mm de ancho (Burkart, 1969). Su estructura reproductiva está compuesta por espigas en cantidades variables de una a tres, cortas y gruesas, digitadas en la extremidad, con un mechón de pelos sedosos en su inserción y el fruto es un aquenio utrículo de 2 mm de longitud, grueso, ovoide, de color oscuro (Gasser y Vegetti, 1997). Si bien existen biotipos de *E. tristachya* difíciles de controlar con glifosato, no se han realizado denuncias de resistencia en esta especie (Brunori, 2019). Ustarroz y Rainero (2013) confirmaron la resistencia a glifosato de *Eleusine indica* (L.) Gaertner en la provincia de Córdoba.

La agricultura conservacionista es un sistema ampliamente adoptado que involucra una mínima remoción del suelo, la rotación de cultivos y la conservación de cobertura; y tiene, entre otros beneficios, la supresión de

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



malezas (Hobbs *et al.*, 2008). Sin embargo, la exclusión de la labranza hace más importante el uso de herbicidas para el control de las mismas (Nichols *et al.*, 2015). El uso de herbicidas residuales es una alternativa de control de malezas resistentes durante las primeras etapas de crecimiento de los cultivos (Zemolin *et al.*, 2014). Estos herbicidas se aplican al suelo y deben ser incorporados por lluvia, riego, labranza y labores de implantación (Haskins, 2012).

En nuestro país los herbicidas pre-emergentes más utilizados para control de gramíneas en el cultivo de maíz son activos o mezclas que contienen S-metolachlor, acetochlor, biciclopirone y piroxasulfone; mientras que para el cultivo de soja se utilizan S-metolachlor, imazethapyr, imazaphyr, clorimuron, sulfometuron, iodosulfuron, diclosulam, clomazone y pyroxasulfone (Finello *et al.*, 2016, Metzler y Ahumada, 2016, Permingeat *et al.*, 2016; Picapietra y Ponsa, 2015). Dentro de los anteriormente citados, particularmente imazethapyr, S-metolachlor o pyroxasulfone son una buena alternativa para el control pre-emergente de malezas como *Echinochloa spp.* y *Eleusine spp.* (Picapietra y Ponsa, 2015; Santos Irrazabal y Etchegoimberry Dall'orso, 2016; Yamaji *et al.*, 2016; Cortés, 2018). Pyroxasulfone es un principio activo herbicida perteneciente al grupo de las isoxazolininas, cuyo modo de acción actúa sobre la síntesis de ácidos grasos de cadena larga inhibiendo la división celular (Tanetani *et al.*, 2009). S-metolachlor es un compuesto no ionizable perteneciente a la familia de las cloroacetamidas, que actúa inhibiendo la división celular al afectar el metabolismo de los lípidos, la síntesis de proteínas y la formación de ceras de la cutícula (Lewis *et al.*, 2016). Imazethapyr es un herbicida sintético perteneciente a la familia de las imidazolinonas. Posee acción de contacto y residual, inhibiendo en las plantas la síntesis de la enzima acetolactato sintasa (ALS), también llamada acetohidroxiacetato sintasa (AHAS) (Stougaard *et al.*, 1990). La actividad de los herbicidas pre-emergentes depende no solo de las propiedades fisicoquímicas de los mismos sino también de la cantidad y origen de los

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



rastrojos, volumen de aplicación, el tiempo que transcurre hasta una lluvia y la duración del evento de precipitación (Lamoreaux *et al.*, 1993).

El rastrojo en superficie puede interceptar de un 15 a un 80% de los herbicidas aplicados, lo que puede reducir la efectividad mostrada en algunos principios activos (Ghadiri *et al.*, 1984). La concentración de pyroxasulfone en suelo y la eficiencia de control de ryegrass anual disminuyó considerablemente con el aumento de rastrojo de trigo en superficie (Khalil *et al.*, 2020). El remanente herbicida puede también disiparse debido a volatilización o degradación (Aslam *et al.*, 2015). Las reacciones de degradación son muy variadas pudiendo estar mediadas por agentes orgánicos (microorganismos) y por reacciones químicas (hidrólisis, fotodegradación y óxido-reducción); siendo la luz del sol la fuerza primaria que puede afectar a los herbicidas, especialmente si persisten durante largo tiempo sin ocurrencia de lluvias (Bedmar y Gianelli, 2014). Las propiedades fisicoquímicas de los productos utilizados también afectan la acción herbicida cuando son aplicados sobre rastrojo. Los plaguicidas con elevada presión de vapor, baja solubilidad, fotodegradables, y que presentan débil adsorción al suelo, presentan mayores pérdidas por volatilización (Taylor y Spencer, 1990). Rodrigues (1993) demostró que cantidades crecientes de rastrojo de trigo no influyeron en la acción pre-emergente del herbicida imazaquin, mientras que clomazone, producto con mayor volatilidad, redujo hasta un 37% su efecto herbicida con rastrojos de hasta 6 t.ha⁻¹.

El momento, la cantidad e intensidad de una lluvia puede impactar significativamente en el lavado de los residuos de herbicidas y su movimiento y disipación en el suelo (Singh *et al.*, 2002). Los herbicidas de menor solubilidad y mayor adsorción lixivian menos a través del perfil de suelo (Bedmar y Gianelli, 2014). Aslam *et al.* (2015) concluyeron que la primera lluvia define el lavado de los herbicidas del rastrojo, a mayor cantidad mayor infiltración de S-metolachlor en el suelo. Khalil *et al.* (2019) demostraron que el herbicida pyroxasulfone infiltra bien en el suelo con una lluvia de tan solo 5 mm incluso

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



hasta 14 días posteriores a la aplicación. Conforme a Smith *et al.* (2016), 13 mm de precipitación es considerada la cantidad estándar para incorporar la mayoría de los herbicidas residuales.

Tal lo descripto anteriormente, existe información bibliográfica respecto a la eficiencia de control de los herbicidas en función de cada uno de los factores mencionados, pero analizados de manera aislada cada uno de ellos. En sistemas de producción extensivos los resultados de acción herbicida suelen ser contradictorios ya que todos estos factores aparecen en forma simultánea y muchas veces no pueden ser controlados o medidos. Debido a que no existen datos en particular sobre la interacción del efecto de un herbicida con la presencia o no de rastrojo, la cantidad de lluvia necesaria y el momento de incorporación, la evaluación de estos factores solos y combinados sobre el control de *Echinochloa colona* y *Eleusine tristachya* resulta importante para planificar un eficiente manejo de estas malezas, y sostenible en el tiempo.

Objetivo general:

Evaluar el efecto de la interacción de diferentes herbicidas pre-emergentes con el rastrojo en superficie, la cantidad y el momento de ocurrencia de lluvia posterior a la aplicación sobre el control de *Echinochloa colona* y *Eleusine tristachya*.

Objetivos Específicos:

1. Cuantificar la eficiencia de pyroxasulfone, S-metolachlor e imazethapyr para el control pre-emergente de *Echinochloa colona* y *Eleusine tristachya*.
2. Determinar el efecto del rastrojo, la cantidad de lluvia para incorporación, el momento de una lluvia para incorporación y sus interacciones, sobre el control pre-emergente de pyroxasulfone, S-metolachlor e imazethapyr.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral situadas en la localidad de Esperanza, provincia de Santa Fe, Argentina.

En laboratorio, se acondicionaron 160 macetas rectangulares de 10 cm de ancho, 20 cm de largo y 10 cm de profundidad; con suelo argiudol típico serie Esperanza (textura franco-arcillo-limosa; 66,7-28,7-4,7). Sobre cada maceta, en la superficie del suelo, se colocaron 0,2 g de semillas de *Eleusine tristachya* (172+/-2 simientes) y 0,5 g de *Echinochloa colona* (334+/-1 simientes), las cuáles fueron cosechadas de campos cultivados de las localidades de Freyre (Córdoba) y Zavalla (Santa Fe) respectivamente.

El experimento tuvo un diseño factorial con 4 factores:

1. Herbicida
2. Presencia de rastrojo de trigo (Rastrojo)
3. Momento de lluvia para incorporación (Momento de lluvia)
4. Cantidad de lluvia para incorporación (Cantidad de lluvia)

El factor 1 tuvo tres niveles: 136 g.i.a.ha⁻¹ de pyroxasulfone (160 g.ha⁻¹ de "YAMATO" 85% WG); 1152 g.i.a.ha⁻¹ de S-metolachlor (1200 ml.ha⁻¹ de DUAL GOLD 96% CE); 100 g.i.a.ha⁻¹ de imazethapyr (1000 ml.ha⁻¹ de PIVOT 10% SL). El factor 2 tuvo dos niveles: 0 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo (0 g de rastrojo de trigo/maceta) y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo (10,2 g de rastrojo de trigo/maceta). El factor 3 tuvo 3 niveles: momento de lluvia para incorporación a los 5, 15 y 30 días posteriores a la aplicación. Finalmente, el factor 4 tuvo 2 niveles: 20 y 5 mm de lluvia. Como tratamientos testigo, se agregaron 8 macetas para cada especie: 4 con 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y 4 sin cobertura.

Los días 6 de octubre de 2021, 22 de octubre de 2021 y 2 de noviembre de 2021 se realizó la aplicación de herbicidas en la especie *Eleusine tristachya*, mientras que los días 6 de mayo de 2022, 20 de mayo de 2022 y 26 de mayo de 2022 se aplicó para *Echinochloa colona*. Se utilizó una cámara de asperjado

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



de laboratorio equipada con pastillas de abanico plano Magnojet 8001, calibradas para asperjar 175 l.ha^{-1} a una presión de 275 KPa. El rastrojo de trigo fue recolectado el día 30 de noviembre de 2020 de un campo situado en cercanías de la localidad de Esperanza, luego de la cosecha del cultivo, y fue acondicionado mediante el corte manual en porciones más pequeñas que no superaban los 5 cm de longitud y pesado en balanza de precisión. Los días 8 de noviembre de 2021 para *E. tristachya* y 1 de junio de 2022 para *E. colona* se simularon lluvias de 5 y 20 mm en laboratorio con una cámara de aplicación calibrada para precipitar 2 mm por minuto. Luego una vez por semana se realizó un riego subsuperficial por capilaridad para no interferir en la acción de incorporación del herbicida mediante la lluvia simulada.

Cada maceta se consideró una unidad muestral sobre la cual los días 25 de noviembre de 2021 para *E. tristachya* y 16 de junio de 2022 para *E. colona*, 15 días luego de la incorporación, se registró el número de plantas emergidas.

El dato de control se expresó como:

$$\%C = (Pe/T * 100)$$

Siendo:

%C: porcentaje de control

Pe: número de plantas emergidas en el tratamiento herbicida

T: número de plantas emergidas en el testigo correspondiente

Las evaluaciones se hicieron para cada especie por separado. En primer lugar, se evaluaron las diferencias entre plantas emergidas sin aplicación de herbicidas (testigo), con y sin presencia de rastrojo de trigo mediante t-student ($\alpha=0,1$). Seguidamente, las evaluaciones de porcentaje de control para cada maleza discriminada por herbicida fueron examinadas mediante el análisis de la varianza, con un arreglo factorial. Las medias fueron comparadas con la prueba DGC ($\alpha=0,01$). En ambos casos se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020). Por último, se realizó un análisis de efectos principales para cuantificar el peso estadístico de los factores herbicida, lluvia, tiempo y rastrojo para la variable porcentaje de control, mediante el software

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



estadístico Minitab (Minitab, 2021).

Resultados

Eleusine tristachya

Para la especie *E. tristachya* se obtuvo un PG del 30% logrando 51,7 plantas emergidas en el tratamiento testigo sin rastrojo. El agregado de 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo, sin aplicación de herbicidas, redujo significativamente los nacimientos logrando un 17,4% menos de plantas nacidas ($p=0,0389$) (Tabla 1).

Tabla 1: Número medio de plantas emergidas de *E. tristachya* en cada maceta en función de la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo, sin aplicación de herbicidas.

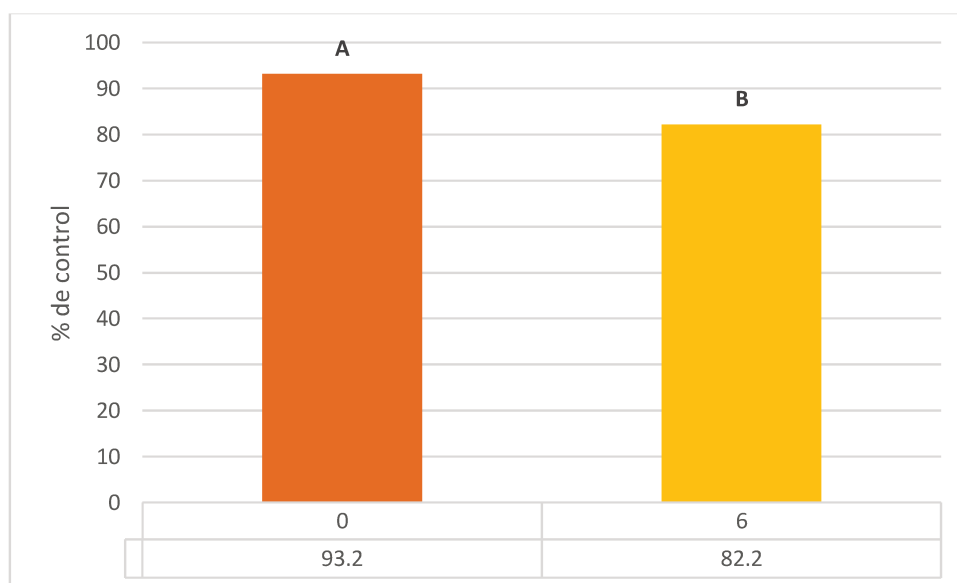
	Media (plantas/maceta)	D.E.
0 t.ha ⁻¹	51,7	3,61
6 t.ha ⁻¹	42,7	8,55

En el análisis de la varianza para el herbicida S-metolachlor se evalúan solo los efectos principales dado que las interacciones no fueron significativas. Este herbicida tuvo un efecto positivo y significativo para el control preemergente de esta maleza, cuando hubo ausencia rastrojo (Tabla 2).

Tabla 2: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida S-metolachlor en función de los factores presencia de rastrojo, cantidad de lluvia y momento de lluvia para incorporación.

F.V.	SC	p-valor
Modelo	1042,03	0,0818
Presencia de rastrojo de trigo	728,42	0,0170
Cantidad de lluvia para incorporación	208,24	0,1782
Momento de lluvia para incorporación	105,37	0,6174

S-metolachlor aplicado sin cobertura redujo un 93,2% los nacimientos de *E. tristachya*. Este control disminuye significativamente cuando se aplica con 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo en superficie (Figuras 1 y 2).



Letras distintas representan diferencias significativas ($\alpha=0,01$).

Figura 1: Porcentaje de control del herbicida S-Metolachlor sobre la especie *E. tristachya* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo.



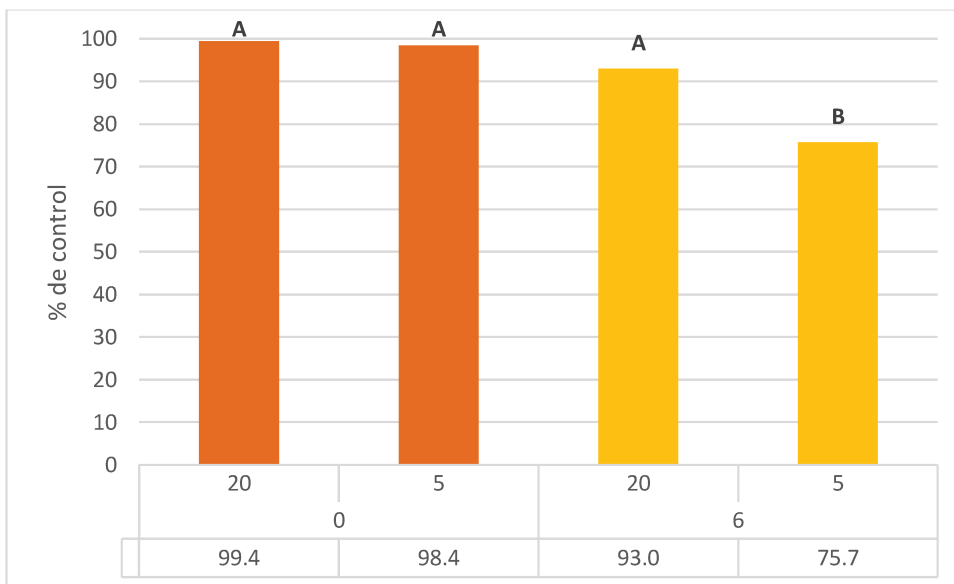
Figura 2: Control del herbicida S-Metolachlor sobre la especie *E. tristachya* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo.

El análisis de la varianza para el herbicida pyroxasulfone mostró una interacción significativa entre presencia de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia para incorporación (Tabla 3).

Tabla 3: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida pyroxasulfone en función de los factores presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia, momento de lluvia para incorporación y sus interacciones.

F.V.	SC	p-valor
Modelo	2811,93	0,0041
Presencia de rastrojo de trigo	1264,8	0,0003
Cantidad de lluvia para incorporación	495,95	0,0079
Momento de lluvia para incorporación	44,65	0,6446
Rastrojo*cantidad de lluvia	395,87	0,0148
Rastrojo*momento de lluvia	89,39	0,4278
Cantidad de Lluvia*momento de lluvia	218,55	0,1501
Rastrojo*cantidad de lluvia*momento de lluvia	302,71	0,0828

Los tratamientos con presencia de 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y una cantidad de lluvia de 5 mm de incorporación redujeron significativamente el porcentaje de control (75,74%) respecto al resto de los tratamientos, siendo los controles en las combinaciones restantes superiores y similares entre sí (Figuras 3 y 4).



Letras distintas representan diferencias significativas ($\alpha=0,01$).

Figura 3: Porcentaje de control del herbicida pyroxasulfone sobre *E. tristachya* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia de incorporación de 20 y 5 mm.

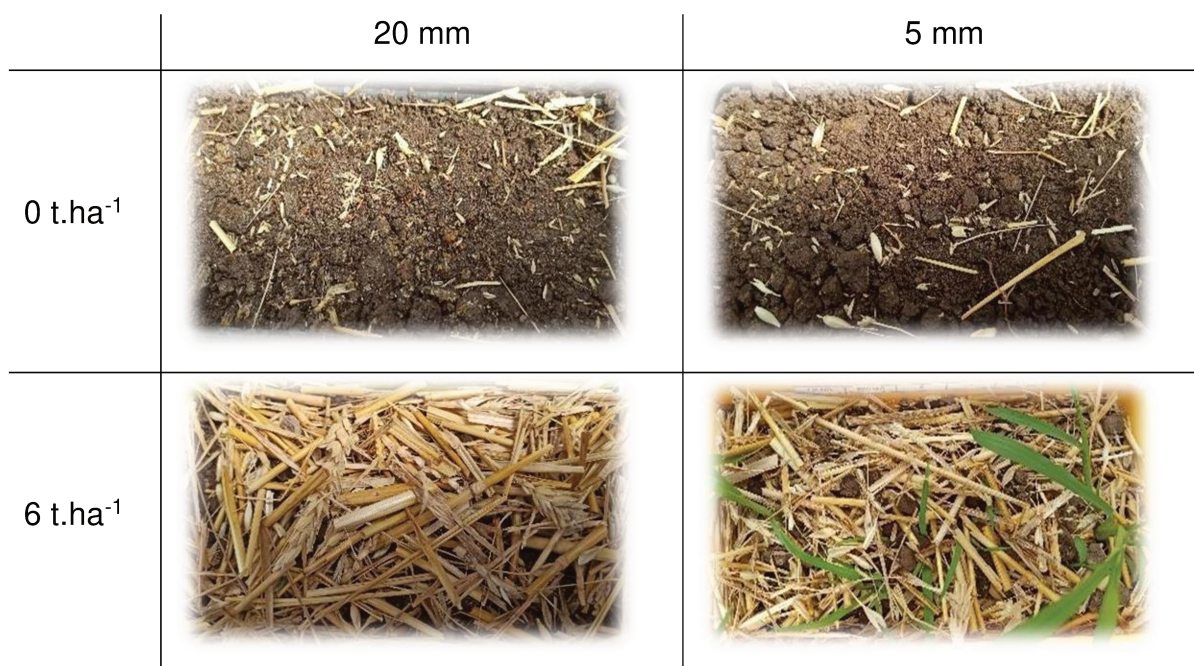


Figura 4: Control del herbicida pyroxasulfone sobre *E. tristachya* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia para incorporación de 20 y 5 mm.

Para el herbicida imazethapyr se encontró una interacción estadísticamente significativa entre presencia de rastrojo de trigo y momento de lluvia para incorporación (Tabla 4).

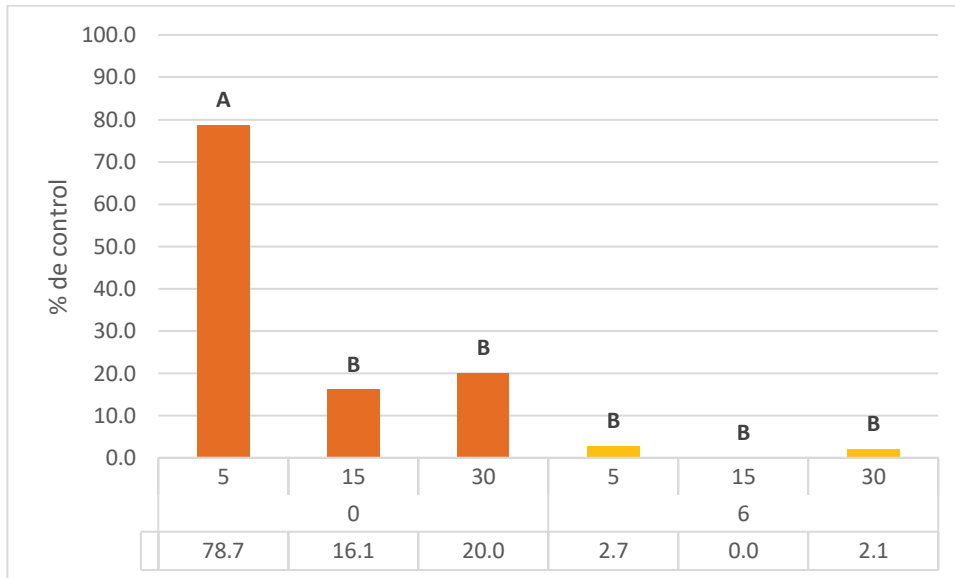
Tabla 4: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida imazethapyr en función de los factores presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia, momento de lluvia de incorporación y sus interacciones.

F.V.	SC	p-valor
Modelo	18470,39	0,0016
Presencia de rastrojo de trigo	8054,42	0,0001
Cantidad de lluvia para incorporación	0,58	0,963
Momento de lluvia para incorporación	5211,27	0,0028
Rastrojo*cantidad de lluvia	50,32	0,6682
Rastrojo*momento de lluvia	4646,92	0,0042
Cantidad de Lluvia*momento de lluvia	341,09	0,5374
Rastrojo*cantidad de lluvia*momento de lluvia	165,79	0,7336

La ausencia de rastrojo de trigo y momento de lluvia de incorporación de 5 días tuvo un porcentaje de control de 78,7%; diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos los cuales se ubicaron entre 0,0 a 20,0% (Figuras 5 y 6).

(1994-2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



Letras distintas representan diferencias significativas ($\alpha=0,01$).

Figura 5: Porcentaje de control del herbicida imazethapyr sobre *E. tristachya* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y momento de lluvia de incorporación de 5, 15 y 30 días.

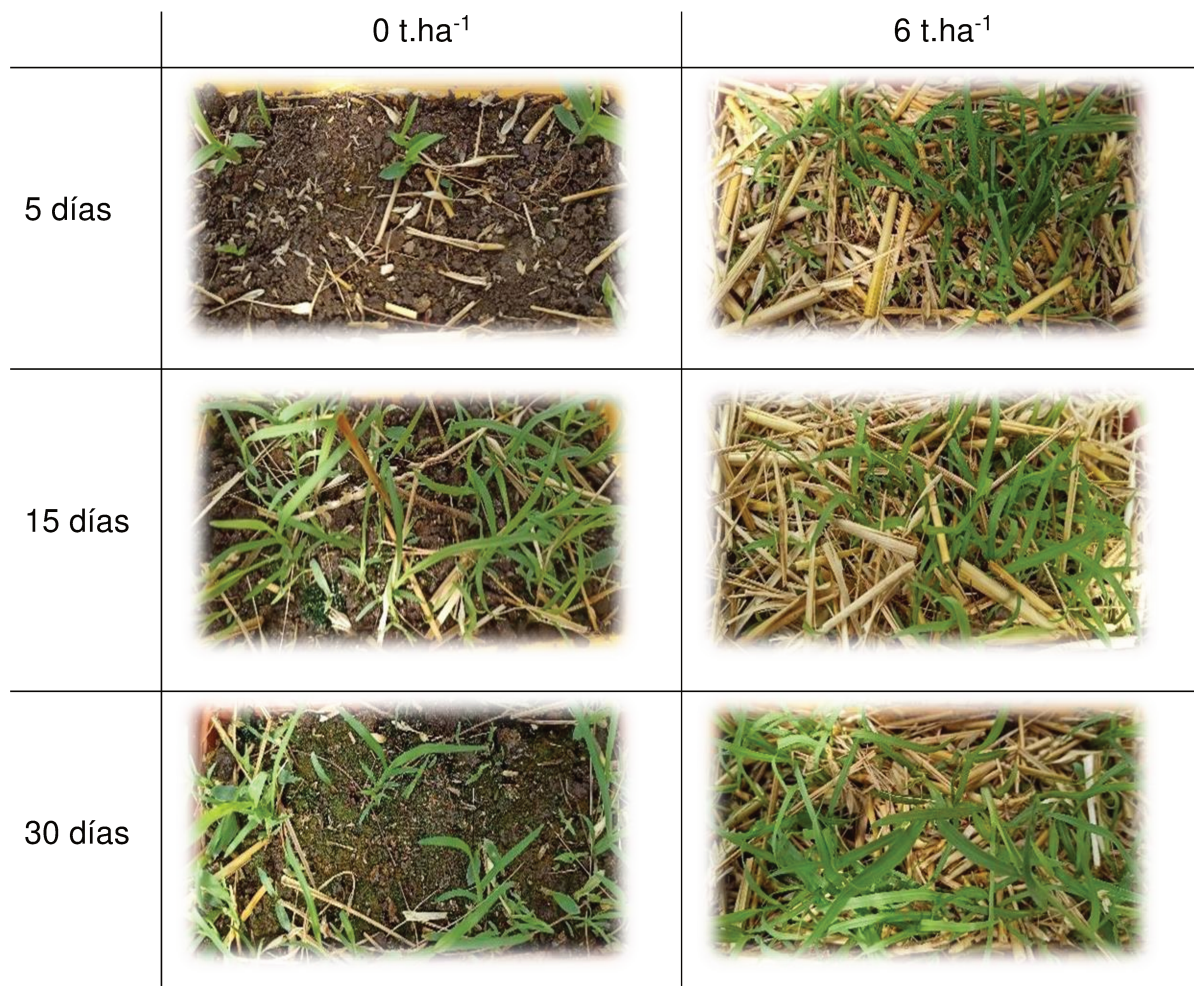


Figura 6: Control del herbicida imazethapyr sobre *E. tristachya* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo y momento de lluvia de incorporación a los 5, 15 y 30 días.

Del análisis de efectos principales se establece, para esta maleza, que el herbicida es el factor más determinante para su control, seguido por presencia de rastrojo de trigo, con un bajo peso de la cantidad y el momento de lluvia de incorporación (Figura 7). Según este análisis, el control que ejercen en promedio pyroxasulfone y S-metolachlor es de 91,6 y 87,7% respectivamente, comparado con sólo un 19,9% de imazethapyr. El rastrojo es el segundo factor en importancia, el cuál produjo una reducción de 20,8% en el control cuando se agregan 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo.

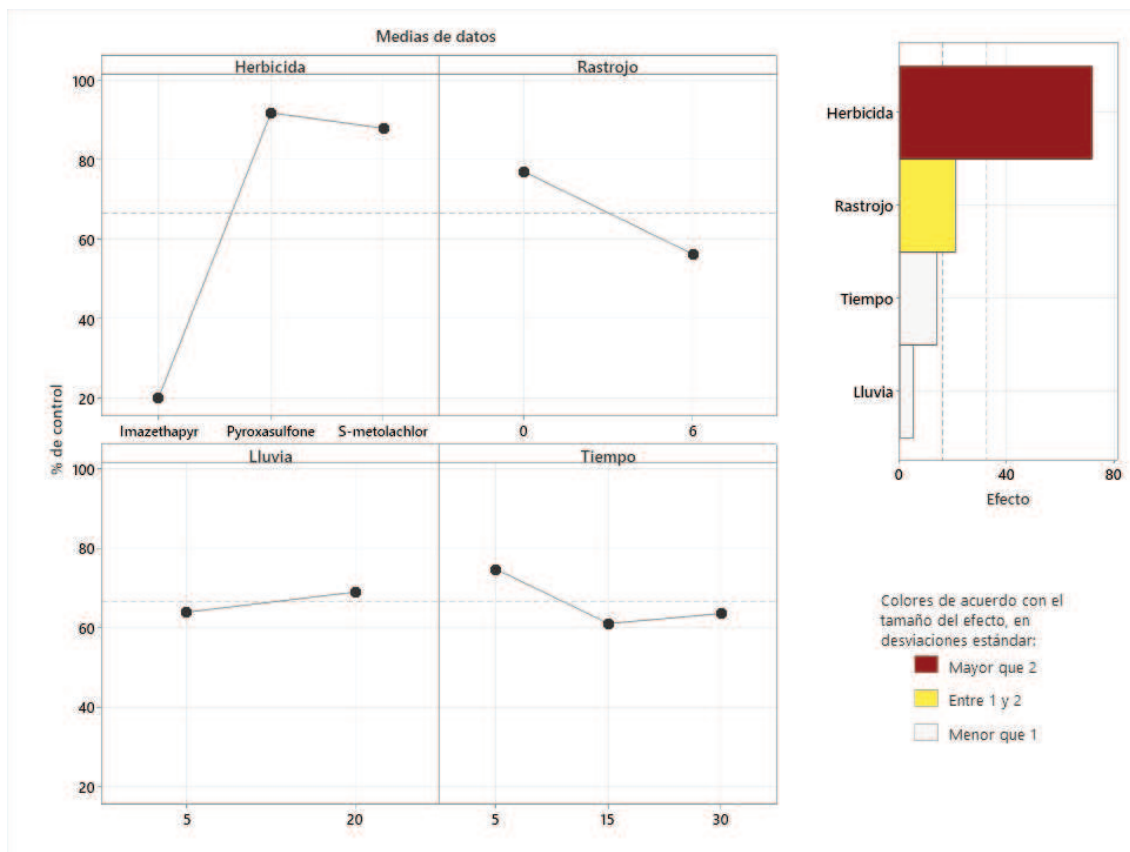


Figura 7: Análisis multivariado de los efectos principales para porcentaje de control de los factores herbicida, presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia y momento de lluvia de incorporación sobre *E. tristachya*.

Echinochloa Colona

para la especie *E. colona* se obtuvo un PG del 29,0% logrando 97 plantas emergidas en el tratamiento testigo sin rastrojo. El agregado de 6 t.ha⁻¹ de cobertura de trigo, sin aplicación de herbicidas, redujo significativamente los nacimientos logrando un 19,6% menos de plantas emergidas ($p=0,0651$) (Tabla 5).

Tabla 5: Número medio de plantas emergidas de *E. colona* en cada maceta en función de la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo, sin aplicación de herbicidas.

Rastrojo (t.ha ⁻¹)	Media (plantas/maceta)	D.E.
0	97,0	7,07
6	78,0	1,41

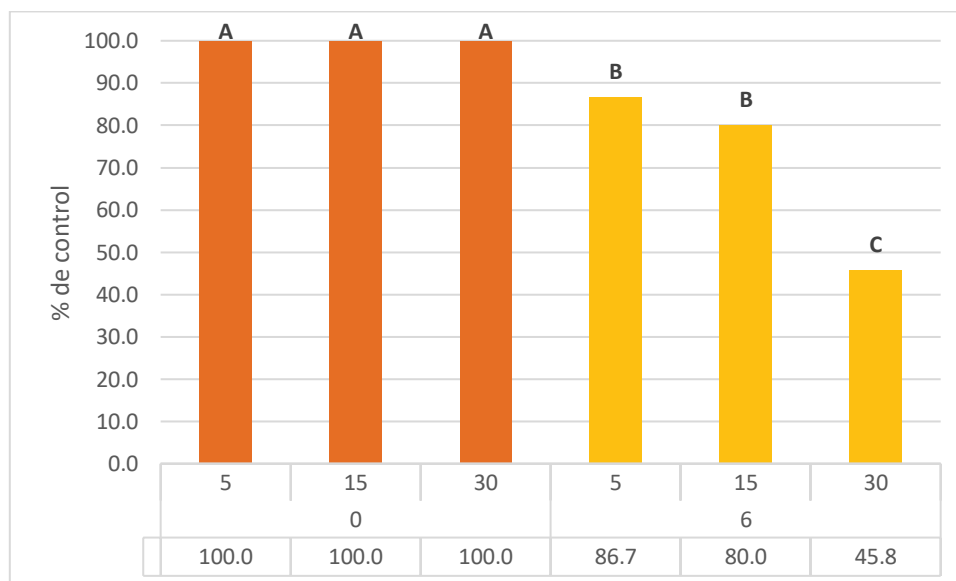
El análisis de la varianza del herbicida S-metolachlor para la variable porcentaje de control sobre la especie *Echinochloa colona* arrojó una interacción significativa entre presencia de rastrojo de trigo y momento de lluvia para incorporación (Tabla 6).

Tabla 6: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida S-metolachlor en función de los factores rastrojo, lluvia, tiempo y sus interacciones.

F.V.	SC	p-valor
Modelo	10190,28	<0,0001
Presencia de rastrojo de trigo	5104,17	<0,0001
Cantidad de lluvia para incorporación	204,17	0,0673
Momento de lluvia para incorporación	1919,44	0,0002
Rastrojo*cantidad de lluvia	204,17	0,0673
Rastrojo*momento de lluvia	1919,44	0,0002
Cantidad de Lluvia*momento de lluvia	419,44	0,0425
Rastrojo*cantidad de lluvia*momento de lluvia	419,44	0,0425

Con ausencia de rastrojo de trigo en superficie los controles fueron totales (100,0%) independientemente del momento de lluvia de incorporación. Mientras que con presencia de 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo, el control de esta maleza se redujo significativamente. Los tratamientos 5 y 15 días mostraron porcentajes de control similares. En el tratamiento 30 días hasta la

incorporación el porcentaje de control se redujo a 45,8%, siendo el menor de todos los valores y significativamente distinto al resto (Figuras 8 y 9).



Letras distintas representan diferencias significativas ($\alpha=0,01$).

Figura 8: Porcentaje de control del herbicida S-metolachlor sobre *E. colona* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y momento de lluvia de incorporación 5, 15 y 30 días.

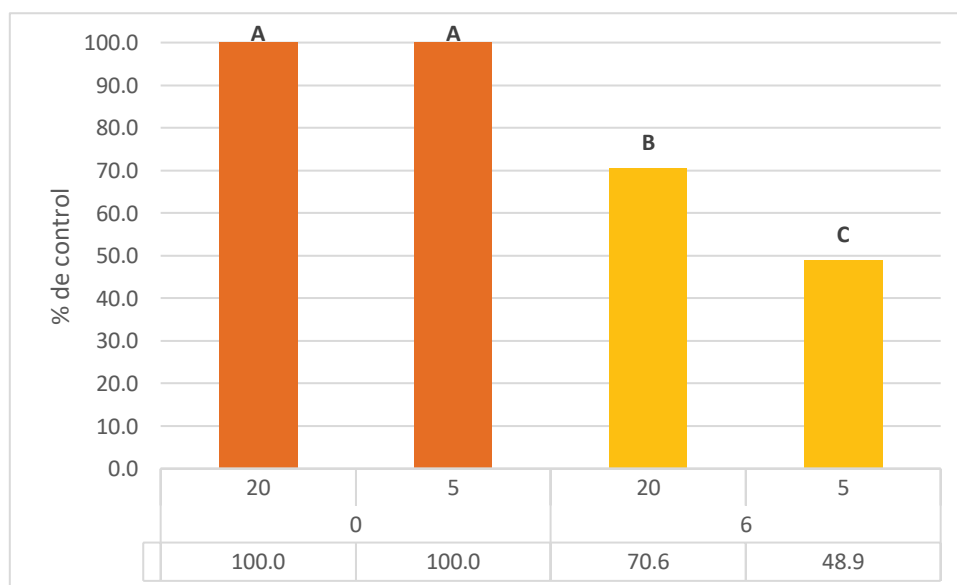


Figura 9: Porcentaje de control del herbicida S-metolachlor sobre *E. colona* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y momento de lluvia de incorporación a los 5, 15 y 30 días.

El herbicida pyroxasulfone nuevamente mostró una interacción entre presencia de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia de incorporación (Tabla 7). Sin presencia de rastrojo de trigo, los controles fueron absolutos (100,0%) y estadísticamente distintos al resto. Con 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y una cantidad de lluvia de 20 mm se obtuvo un control de 70,6%, mientras que con la de 5 mm se redujo significativamente el control a 48,9% (Figuras 10 y 11).

Tabla 7: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida pyroxasulfone en función de los factores presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia, momento de lluvia para incorporación y sus interacciones.

F.V.	SC	p-valor
Modelo	11827,31	<0,0001
Presencia de rastrojo de trigo	9733,8	<0,0001
Cantidad de lluvia para incorporación	704,17	0,0001
Momento de lluvia para incorporación	123,15	0,1065
Rastrojo*cantidad de lluvia	704,17	0,0001
Rastrojo*momento de lluvia	123,15	0,1065
Cantidad de Lluvia*momento de lluvia	219,44	0,0288
Rastrojo*cantidad de lluvia*momento de lluvia	219,44	0,0288



Letras distintas representan diferencias significativas ($\alpha=0,01$).

Figura 10: Porcentaje de control del herbicida pyroxasulfone sobre *E. colona* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia de incorporación de 20 y 5 mm.

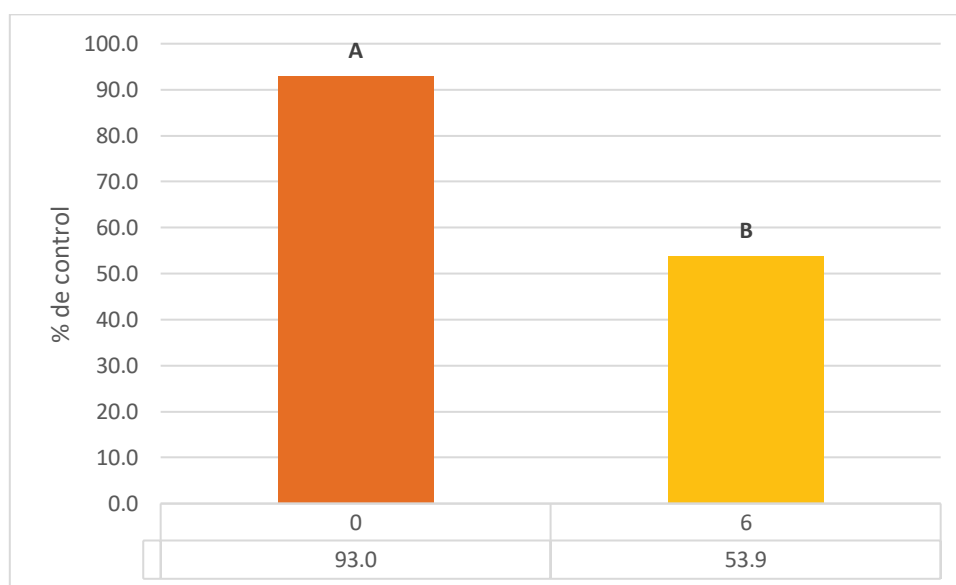


Figura 11: Control del herbicida pyroxasulfone sobre *E. colona* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia de incorporación de 5 y 20 mm.

En el análisis de la varianza para el herbicida imazethapyr se evalúan solo los efectos principales dado que las interacciones no fueron significativas. En este herbicida, el factor presencia de rastrojo de trigo tuvo un efecto significativo en el control de *E. colona* (Tabla 8). Sin rastrojo de trigo los controles promediaron 93,0%, mientras que con 6 t.ha⁻¹ de cobertura disminuyó significativamente a 53,9%. (Figuras 12 y 13).

Tabla 8: Cuadro de Análisis de la Varianza del herbicida imazethapyr en función de los factores presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia y momento de lluvia de incorporación.

F.V.	SC	p-valor
Modelo	11827,31	0,0015
Presencia de Rastrojo de trigo	9733,8	<0,0001
Cantidad de lluvia para incorporación	704,17	0,9722
Momento de lluvia para incorporación	123,15	0,1488



Letras distintas representan diferencias significativas ($\alpha=0,01$).

Figura 12: Porcentaje de control del herbicida imazethapyr sobre la especie *E. colona* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo.

El análisis multivariado determinó, en este caso, que el rastrojo es el factor que aporta mayor variabilidad en los datos, siendo los otros efectos de magnitud despreciable (Figura 14). El rastrojo es responsable de una disminución en el porcentaje de control de 36,2%.



Figura 13: Control del herbicida imazethapyr sobre *E. colona* con la presencia de 0 y 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo.

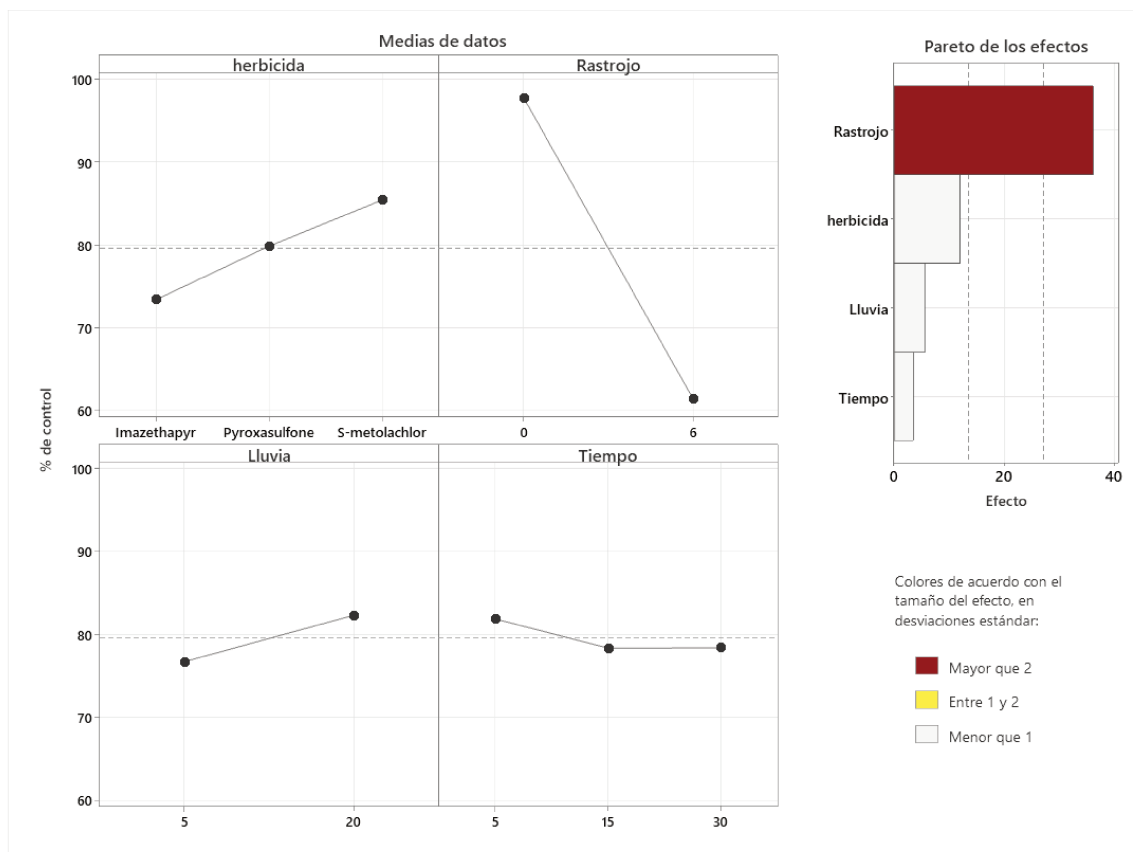


Figura 14: Análisis multivariado de los efectos principales para porcentaje de control de los factores herbicida, presencia de rastrojo de trigo, cantidad de lluvia y momento de lluvia de incorporación sobre *E. colona*.

Discusión

La presencia de rastrojo de trigo en superficie redujo los nacimientos de *Eleusine tristachya* y *Echinochloa colona* en comparación a los tratamientos sin cobertura. Chauhan y Johnson (2009) trabajando con poblaciones de *Echinochloa colona* de Filipinas, demostraron que la luz estimula la germinación de esta maleza y la emergencia es mayor en semillas ubicadas sobre la superficie del suelo (97%), disminuyendo esta germinación exponencialmente a medida que se incrementa la profundidad; pero además, en cámara de crecimiento y utilizando rastrojo de arroz en cantidades crecientes de cobertura, observaron que la emergencia acumulada era mayor (81%) en ausencia de rastrojos y disminuye hasta un 18 a 9% con niveles de cobertura de 4 a 6 t.ha⁻¹ respectivamente. Para *Eleusine tristachya* existe poca información sobre su germinación. Sin embargo, en *Eleusine Indica* se observó que germina mejor en la superficie del suelo, con alternancia de temperaturas moderadas a elevadas y en sistemas sin labranza (Chauhan y Johnson 2008). Estos últimos autores utilizando rastrojo de arroz como cobertura en cantidades crecientes, demostraron que la emergencia de *Eleusine indica* es mayor (88%) sin residuos y disminuye hasta un 9% con niveles de cobertura de hasta 6 t.ha⁻¹ (Chauhan y Johnson 2008). Gazola *et al.* (2022) utilizaron residuos de maíz para generar 5 t.ha⁻¹ de cobertura lo cual generó una supresión de nacimientos de *E. indica* de 82% comparado con suelo desnudo. Loza *et al.* (2016) trabajando en el sur de Santa Fe con trigo como cultivo de cobertura invernal previo a la siembra de maíz, demostraron supresión de nacimientos de *Eleusine indica* de hasta un 70% con residuos de 2,4 t.ha⁻¹ en comparación con tratamientos en barbecho químico sin cultivo de cobertura. Sin embargo, en nuestra investigación la reducción del porcentaje de emergencia fue significativamente menor que en los trabajos anteriores. Esto puede deberse a que es otra especie u a otros factores. La reducción de emergencia por cobertura puede deberse a la liberación de compuestos alelopáticos, la menor

amplitud diaria de la temperatura del suelo y menor transmitancia de luz (Teasdale y Mohler, 1993). En nuestra investigación no se pudieron repetir condiciones idénticas a las de campo debido a que el rastrojo de trigo muerto fue agregado sobre el suelo en grado avanzado de descomposición sin posibilidad de liberar sustancias alelopáticas. Además, nuestro trabajo fue realizado en invernadero donde la temperatura de la maceta sufre menor variación diaria y la reducción de la radiación debida exclusivamente a la cobertura de trigo no es totalmente equivalente a los residuos heterogéneos que se depositan a lo largo del tiempo en el campo, permitiendo mayor ingreso de luz. En coincidencia con estas menores reducciones, Zamar *et al.* (2000) utilizando trigo como cultivo de cobertura generaron 4,5 t.ha⁻¹ de residuos que logró controlar efectivamente especies perennes, pero parcialmente gramíneas anuales entre las que se encontraban *Echinochloa colona* y *Eleusine indica*.

El herbicida S-metolachlor tuvo una muy buena performance en el control preemergente de *Eleusine tristachya* (hasta 93,22%) y *Echinochloa colona* (hasta 100%) en ausencia de rastrojo de trigo. Según criterios agronómicos de manejo de malezas, se establece que valores superiores al 80% de supresión son satisfactorios para las aplicaciones de herbicidas (Cavaliere *et al.*, 2022). Picapietra y Ponsa (2015) evaluaron el control preemergente de metolachlor 96% con dosis de 1152 g.i.a.ha⁻¹ sobre poblaciones de *Echinochloa colona* y determinaron más de 90% de control hasta 27 días después de aplicado. Cortés (2018) determinó porcentajes de control que van de 50 a 90% para *E. colona*, utilizando este herbicida como preemergente en cultivos de maíz y soja. Yamaji *et al.* (2016) evaluaron en otra especie, *Echinochloa crus-galli* (L) Beauv., dosis mayores de metolachlor (1800 g.i.a.ha⁻¹) y obtuvieron porcentajes superiores al 90% hasta 63 días después de aplicados. Metzler y Ahumada (2016) trabajaron con poblaciones de *E. crus-galli* y con S-metolachlor en dosis de 960 g.i.a.ha⁻¹, obtuvieron porcentajes de control de 75 a 78% a 45 días después de aplicados en dos localidades de evaluación. Finello *et al.* (2016) evaluaron diferentes herbicidas residuales para

el control preemergente de malezas gramíneas entre las que se encontraban *Eleusine indica* y *Echinochloa colona* y observaron que las mejores alternativas contenían metolachlor en combinación hasta 90 días después de aplicados. Lopes Ovejero *et al.* (2013) obtuvieron controles efectivos (85-94%) sobre *Eleusine indica* utilizando S-metolachlor como preemergente en dosis de 1920 g.i.a.ha⁻¹. Loza *et al.* (2016) concluyeron que las mejores alternativas preemergentes para el control de *Eleusine indica* también contenían S-metolachlor en combinación, y además todos los tratamientos químicos mejoraron su desempeño cuando se aplicaban sobre trigo como cultivo de cobertura previo. Ramos *et al.* (2021) trabajaron sobre la emergencia de *Eleusine indica* con 5 especies diferentes como cultivos de cobertura en niveles de 10 a 20 t.ha⁻¹ y con herbicidas preemergentes entre los que se encontraba S-metolachlor (1920 g.i.a.ha⁻¹) y obtuvieron porcentajes de control de 98,5% a 100% hasta 30 días después de emergida la maleza. Estos últimos 2 trabajos no concuerdan con nuestros resultados, ya que la presencia de 6 t.ha⁻¹ de cobertura de trigo afectó negativa y significativamente el desempeño del herbicida para el control preemergente de *E. tristachya* (82,2%) y *E. colona* (45,83% a 86,67%). Banks y Robinson (1986) demostraron que coberturas de rastrojo de trigo de más de 4480 kg.ha⁻¹ interceptaban más del 90% del herbicida metolachlor aplicado, en comparación con aplicaciones sin rastrojo. Con la simulación de lluvias lograban aumentar la concentración del herbicida en el suelo, pero aún más del 80% permanecía retenido en el rastrojo, o no disponible para infiltrar o bien perdido por volatilización. Erbach y Lovely (1975) trabajando con alachlor como preemergente para el control de *Setaria italica* (L) Beauv. con rastrojo de maíz concluyeron que la cobertura no afectó su control a las dosis recomendadas, pero que altos niveles de residuos pueden afectar la performance cuando se reducen las dosis o cuando no hay lluvias de incorporación. Crutchfield *et al.* (1985) en investigaciones a campo concluyeron que aplicaciones de metolachlor con niveles de rastrojo de trigo de hasta 6,8 t.ha⁻¹ disminuían su concentración en los primeros 10 cm del suelo al menos 5

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



veces, comparado con aplicaciones en suelo sin cobertura, evaluado al momento de la aplicación. Sin embargo, evaluaron el control de malezas (*Echinochloa crus-galli*, *Panicum capillare* L., *Amaranthus albus* L., *Panicum milaceum* L.) y concluyeron que incrementaba a medida que crecían los niveles de rastrojo, a pesar de que menos herbicida alcanzaba el suelo. El rastrojo contribuía directamente compensando la menor concentración herbicida con la supresión de malezas, e indirectamente incrementaba la eficacia del metolachlor al mantener mejores condiciones de humedad debajo de la cobertura (Crutchfield *et al.*, 1985). Estos resultados de control tampoco concuerdan con los obtenidos en nuestro trabajo, seguramente porque la supresión que ejerce nuestro rastrojo sobre la germinación y emergencia de *E. tristachya* y *E. colona* es menor y el contenido de humedad era similar con y sin cobertura por el riego subsuperficial.

El control deficiente de *Echinochloa colona* utilizando el herbicida S-metolachlor con 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y momento de incorporación a 30 días de la aplicación (45,83%) demuestra la interacción significativa de los tres factores en esta maleza, que determinan la llegada de menor cantidad de principio activo al suelo. La degradación microbiana es considerada la vía principal de transformación de este herbicida en el suelo (Zemolin *et al.*, 2014), sin embargo, ocurre cuando el principio activo entra en contacto con hongos, bacterias y microbios luego de su incorporación. La fotólisis contribuye a la descomposición de este herbicida en el suelo cuando permanece cerca de la superficie durante períodos prolongados sin lluvias (Zemolin *et al.*, 2014), aunque Kochany y Maguire (1994) lo consideran como un herbicida relativamente resistente a este proceso de degradación. Finalmente, como tercer factor, el S-metolachlor exhibe una constante de Henry y una presión de vapor relativamente bajas, por lo que las pérdidas por volatilización son consideradas mínimas, pero pueden ocurrir bajo ciertas condiciones ambientales (Zemolin *et al.*, 2014). Las mayores pérdidas ocurren bajo condiciones de suelo cálido y húmedo (Prueger *et al.*, 2005), condiciones que

podrían haber sucedido en nuestro experimento debido al mantenimiento de la humedad de las macetas en capacidad de campo y el aumento de la temperatura ejercida por el efecto invernadero, que aumentaban la volatilización a medida que mayor era el tiempo que transcurría hasta su incorporación. Gish *et al.* (2011) demostraron pérdidas acumuladas de metolachlor durante 5 días, las cuales iban del 5 al 63% del herbicida aplicado, y que pueden variar significativamente año tras año dependiendo las condiciones ambientales. Nuestros resultados arrojan controles satisfactorios con momentos de lluvia a 5 y 15 días de aplicado para ambas malezas, pero deficientes cuando transcurren 30 días para el control de *Echinochloa colona*, probablemente por pérdidas del herbicida y una menor sensibilidad de la especie.

Pyroxasulfone se desempeñó correctamente en el control de ambas gramíneas (hasta 99,3% para *Eleusine tristachya* y hasta 100,0% para *Echinochloa colona*) sin presencia de rastrojo en superficie. Cortés (2018) encontró buenos resultados con este herbicida preemergente para el control de *E. colona* en lotes destinados a maíz o soja, con porcentajes de control que oscilan entre 80 a 90%. Yamaji *et al.* (2016) trabajando con dosis de 200 g.i.a.ha⁻¹ de este herbicida controlaban más del 98% la emergencia de *Echinochloa crus-galli* hasta 63 días después de aplicado. Meztler y Ahumada (2016) obtuvieron porcentajes de control de 85% sobre *E. crus-galli* utilizando pyroxasulfone como herbicida preemergente en dosis de 136 g.i.a.ha⁻¹, aumentando significativamente su eficacia a un 90% de control, cuando elevaban la dosis un 25% en evaluaciones a 45 días de aplicados. Stephenson *et al.* (2017) utilizaron este herbicida en dosis de 150 g.i.a.ha⁻¹ en preemergencia de maíz y obtuvieron 93% de control de *E. crus-galli* a 30 días de aplicado. En ensayos en invernadero 16 g.i.a.ha⁻¹ de pyroxasulfone aplicados en preemergencia proveían más de 90% de control de 7 especies de malezas gramíneas, entre las que se encontraban *Echinochloa crus-galli* y *Eleusine indica* (Nakatani *et al.*, 2016, Yamaji *et al.*, 2014). Sperry *et al.* (2022)

trabajaron con *Echinochloa crus-galli* para evaluar el efecto de control de diferentes herbicidas preemergentes con simulaciones de distintas cantidades de lluvia sobre suelo desnudo y con 3 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo, y demostraron que 119 g.i.a.ha⁻¹ de pyroxasulfone controla más del 85% de la maleza en suelo desnudo, independientemente de la cantidad de lluvia simulada. Morota *et al.* (2018) concluyeron que todos los tratamientos preemergentes que contenían este herbicida en combinación resultaron en los mejores controles iniciales de *Eleusine indica* en un cultivo de soja.

Pyroxasulfone demostró una pérdida de efectividad en el control de ambas malezas debido a la interacción significativa y negativa con la presencia de rastrojo de trigo y cantidad de lluvia para incorporación. Khalil *et al.* (2020) estudiaron la eficiencia de pyroxasulfone para el control de ryegrass anual (*Lolium rigidum* Lam.) y concluyeron que la concentración del herbicida en el suelo y la eficiencia de control de la maleza disminuía considerablemente con el aumento de rastrojo de trigo. Además, estos mismos autores demostraron que el incremento de rastrojo de 2 a 4 t.ha⁻¹ aumentaba considerablemente la intercepción de los herbicidas pyroxasulfone, prosulfocarb y trifluralin; y que únicamente el herbicida pyroxasulfone debe ser considerado para aplicaciones preemergentes con niveles de residuos de más de 2 t.ha⁻¹ ya que una lluvia de 20 mm puede removerlo desde el rastrojo e incorporarlo al suelo (Khalil *et al.*, 2018). En nuestra investigación, con niveles de cobertura de 6 t.ha⁻¹ de trigo, 20 mm fueron suficientes para lixiviar y controlar efectivamente *Eleusine*, pero en *Echinochloa* el control se redujo considerablemente y no se considera aceptable agrónomicamente. Cantidad de lluvia para incorporación de 5 mm con presencia de rastrojo de trigo no lograron niveles de control aceptables para ninguna de las malezas evaluadas. En concordancia con nuestro trabajo, Sperry *et al.* (2022) concluyeron que pyroxasulfone lograba 70% de control de *E. crus-galli* con 3 mm de lluvia aplicado sobre suelo con 3 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo y que ese control aumentaba a medida que mayor era la lluvia simulada. Khalil *et al.* (2019) realizaron bioensayos con especies indicadoras (*Cucumis*

Sativus L. y *Lolium multiflorum* Lam.) para evaluar la actividad herbicida y el remanente que persiste en residuos de trigo luego de las aplicaciones, y concluyeron que pyroxasulfone tiende a desprenderse del rastrojo con lluvias de apenas 5 mm y hasta 14 días después de aplicado. Nuestros resultados no concuerdan con esta investigación, posiblemente debido a la utilización de especies menos sensibles a este herbicida. En cambio, Yamaji *et al.* (2016) tomaron datos de más de 100 ensayos de campo con dosis de 125 g.i.a.ha⁻¹ de pyroxasulfone para el control de *Setaria faberi* Herrm. y concluyeron que este herbicida exhibía más de 88% de control con lluvias superiores a 12,5 mm dentro de los 7 días de aplicados, pero disminuía a 62% cuando las lluvias eran de 6,25 mm. Esto se debe a la baja solubilidad en agua que presenta este herbicida (Nakatani *et al.*, 2016; Yamaji *et al.*, 2016).

Imazethapyr tuvo un buen desempeño en el control preemergente de *Echinochloa colona* en suelo desnudo (93,0%), mientras que la presencia de 6 t.ha⁻¹ de rastrojo de trigo redujo significativamente el control (53,9%). Picapietra y Ponsa (2015) determinaron 100% de control utilizando 120 g.i.a.ha⁻¹ de imazethapyr en preemergencia sobre poblaciones de esta maleza, en evaluaciones hasta 147 días después de aplicado. Santos Irrazabal y Etchegoimberry Dall'orso (2016) encontraron que con imazethapyr aplicado sobre rastrojo de avena con dosis de 143 g.i.a.ha⁻¹ en preemergencia de soja se logra altos controles de capín. Cortés (2018) obtuvo controles preemergentes de 70% hasta 45 días después de aplicados. Metzler y Ahumada (2016) evaluaron la acción herbicida de 100,4 g.i.a.ha⁻¹ de imazethapyr sobre *Echinochloa crus-galli* en la localidad de La Paz (Entre Ríos) y obtuvieron 86% de control 45 días después de aplicado. Para *Eleusine tristachya* los resultados de control fueron regulares (78,7%) sin cobertura y con lluvias de incorporación a los 5 días de aplicados. Lopes Ovejero *et al.* (2013) evaluaron en 2 campañas y en 5 localidades diferentes la acción herbicida preemergente de diferentes principios activos, entre los que se encontraba imazethapyr a una dosis de 90 g.i.a.ha⁻¹; determinaron un 76 a 90%

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



de control de *Eleusine indica* describiéndolo como un control inconsistente. La interacción negativa con momento de lluvia para incorporación y presencia de rastrojo de trigo que reducen la cantidad de activo disponible, junto con la menor sensibilidad de la maleza a este principio activo afectan el control (de 0 a 19,96%). Finello *et al.* (2016) concluyeron que una mezcla comercial de herbicidas que contiene imazethapyr tuvo un bajo control de nacimientos de *Eleusine indica* y *Echinochloa colona*. A pesar de los resultados anteriores existen recomendaciones de dosis más altas de imazetaphyr (150 g.i.a.ha⁻¹) para el control efectivo de malezas en el cultivo de soja, entre las que se encontraban *Eleusine indica* y *Echinochloa colona* (Basu y Sengupta, 2012). En la misma investigación se observa que a medida que disminuye la dosis aplicada aumenta el número y la biomasa total de malezas, repercutiendo en el rendimiento del cultivo. Otros especialistas indican que este herbicida no es la mejor alternativa para el control preemergente de *Eleusine sp.* (Procópio *et al.*, 2006) por lo que cualquier factor que altere la concentración del principio activo en la solución de suelo disminuye su acción herbicida. Curran *et al.* 1992 demostraron que imazethapyr a cuatro meses de aplicación sobre rastrojo de maíz redujo su concentración cuando era pulverizado en preemergencia en sistemas sin labranza y sin incorporación. Diversos autores han reportado también que el rastrojo de trigo intercepta entre un 40 y un 89% del imazetaphyr aplicado (Mills, 1988; Schmitz *et al.*, 2001). No obstante, no encontraron diferencias en el control de malezas susceptibles como *Xanthium strumarium* L., *Datura stramonium* L. o *Ipomoea hederaceae* (L.) Jacq. entre sistemas de labranza convencional y sin labranza (Mills, 1988; Mills and Witt, 1989). Mientras no ocurran lluvias para incorporación, los herbicidas pertenecientes a la familia de las imidazolinonas sufren pérdidas que pueden deberse a la fotodegradación (Curran *et al.*, 1992), situación que coincide en los tratamientos que no tuvieron buena performance en el control preemergente de *Eleusine trystachia*. Goetz *et al.* (1990) reportó 8% de pérdidas de imazethapyr por fotólisis cuando el herbicida era expuesto a 43 horas de

radiación. Una vez que son incorporados al suelo por medio de una lluvia se reduce la fotólisis y la degradación microbiana es la fuente principal de disipación (Cantwell *et al.*, 1989).

Lluvias de 5 mm son suficientes para lograr la incorporación de los principios activos S-metolachlor e imazethapyr, probablemente debido a los valores de solubilidad moderada (480 mg.l^{-1}) y alta (1400 mg.l^{-1}) de cada una de ellos (Lewis *et al.*, 2016). Schmitz *et al.* (2001) trabajando en laboratorio, demostraron que 10 mm de lluvia fueron suficientes para remover el 90% de las imidazolinonas (imazethapyr e imazaquin) aplicadas sobre rastrojo de trigo. En el caso de metolachloro, 13 mm fueron suficientes para remover todo el herbicida disponible para infiltrar desde el rastrojo, aunque sólo menos del 20% del total aplicado alcanzó la superficie del suelo (Banks y Robinson, 1986). Sin embargo, Sperry *et al.* (2022) trabajando con una formulación microencapsulada de acetochlor demostró que el control de *Echinochloa crus-galli* aumentaba a medida que mayor era la cantidad de lluvia simulada, tanto en suelo desnudo como con rastrojo de trigo, aunque la solubilidad del acetochlor es más baja que la del S-metolachlor.

En todos los casos en donde hubo interacción significativa con dos o más factores, la disminución en los porcentajes de control podría deberse a la menor cantidad de activo que logra estar disponible en la solución de suelo, situación que podría ser subsanada con una corrección de la dosis del herbicida utilizada. La diferente sensibilidad de las especies a cada uno de los principios activos, y la variación en la respuesta de cada herbicida a los factores estudiados, justifica la combinación de dos o más productos al momento de tomar decisiones para el manejo de malezas en los sistemas de producción. Además, esta práctica podría contribuir a reducir los riesgos de seleccionar biotipos menos sensibles o resistentes a alguno de los activos.

El análisis multivariado es usado para describir y analizar observaciones multidimensionales obtenidas al relevar información sobre varias variables para cada una de las unidades o casos de estudio (Balzarini *et al.*, 2008); y en

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



nuestra investigación determina el peso de cada uno de los factores en el efecto de control de cada maleza. Si relacionamos ambos análisis realizados, podemos considerar que en *E. trystachia* es decisiva la elección correcta del herbicida, ya que imazethapyr no se desempeñó satisfactoriamente en el control preemergente de la maleza. En esta misma maleza, el rastreo influyó negativamente en la acción de todos los herbicidas, siendo en el análisis de efectos principales el segundo factor al que se le atribuye un efecto de importancia; sin embargo, S-metolachlor y piroxasulfone (con lluvias de 20 mm) lograron controles superiores al 80%. En *E. colona*, todos los herbicidas funcionaron correctamente en ausencia de cobertura. Según los resultados del análisis multivariado, el rastreo fue el factor determinante que afectaba la performance de los herbicidas. Para esta maleza, con 6 t.ha⁻¹ de rastreo de trigo, S-metolachlor es el único recomendado para lograr controles satisfactorios cuando ocurren lluvias dentro de los 15 días de aplicado.

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



Conclusiones

Sin la interacción de rastrojo en superficie, las tres opciones herbicidas fueron eficientes para un control adecuado en ambas especies, con la excepción de imazetaphyr aplicado sobre *Eleusine trystachia*.

En todos los casos el rastrojo fue el principal factor que redujo el control herbicida.

En *E. trystachia* el herbicida imazetaphyr redujo considerablemente su acción herbicida por la interacción rastrojo y momento de incorporación.

En *E. colona* S-metolachlor redujo su acción herbicida por la interacción rastrojo y momento de incorporación.

El herbicida pyroxasulfone en ambas malezas redujo su acción herbicida por el rastrojo y la cantidad de lluvia para incorporación.



Bibliografía

Aslam S, Iqbal A, Deschamps M, Recous S, Garnier P, Benoit P. 2015. Effect of rainfall regimes and mulch decomposition on the dissipation and leaching of S-metolachlor and glyphosate: a soil column experiment. *Pest Management Science*. 71(2):278–291.

Balzarini MG, Gonzalez LA, Tablada EM, Casanoves F, Di Rienzo JA, Robledo CW. 2008. *InfoStat, versión 2008: manual del usuario* (No. 005.30296 B198). Grupo InfoStat, Córdoba (Argentina).

Banks PA, Robinson EL. 1986. Soil reception and activity of acetochlor, alachlor, and metolachlor as affected by wheat (*Triticum aestivum*) straw and irrigation. *Weed science* 34, 607-611.

Basu TK, Sengupta A. 2012. Efficacy of new herbicide molecule imazethapyr on weed control in soybean. *Journal of crop and weed* 8 (1): 137-140.

Bedmar F, Eyherabide JJ, Satorre E. 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Capítulo 10: Bases para el manejo de malezas. Editores Andrade, Sadras. Col. Cient. INTA. Balcarce. 443 pp.

Bedmar F, Gianelli V. 2014. Comportamiento de los herbicidas en el suelo. *Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo I: Ecología y manejo*. 964 pp, Capítulo XIV, 361-389.

Bolsa de Comercio de Rosario. 2022. Informe especial mensual sobre cultivos N° 145. En: https://www.bcr.com.ar/sites/default/files/2022-02/informe_especial_145_2022_02_09.pdf

Brunori A. 2019. Aspectos de la biología y el control de *Eleusine indica* y *Eleusine tristachya* en barbechos y en el cultivo de soja. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Rosario. 185pp.

Burkart A. 1969. La Flora Ilustrada de Entre Ríos, Argentina. Tomo IV, Parte II. Monocotiledóneas, Gramíneas. Editores: Troncoso, Bacigalupo NM. Colección Científica INTA. Buenos Aires. p. 233-234.

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



Cantwell JR, Liebl RA, Slife FW. 1989. Biodegradation characteristics of imazaquin and imazethapyr. *Weed Science* 37, 815-819.

Carta H, Baudrix L. 2019. Malezas problema: Una historia circular. INTA Pergamino, Agencia de Extensión Rural 9 de Julio, Buenos Aires. Artículo de divulgación. En:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/malezas_problema_una_historia_circular.pdf

Cavaliere JD, Santos SAD, Carbonari CA, Raetano CG. 2022. Impact of glyphosate formulations and adjuvants: Effects on leaf interaction, metabolism, and control of sourgrass. *Ciência Rural*, 52, e20201102. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20201102>

Chauhan BS, Johnson DE. 2008. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): an important grass weed of rainfed rice. *Weed Science*, 56(5), 699-706.

Chauhan BS, Johnson DE. 2009. Seed germination ecology of junglerice (*Echinochloa colona*): a major weed of rice. *Weed Science*, 57(3), 235-240.

Cortés E. 2018. *Echinochloa colona*. Aspectos biológicos y agronómicos para manejo. Malezas 2018. II Congreso Argentino de Malezas. ASACIM. Ciencia y producción: hacia un manejo racional. 5 y 6 de Junio. City Center. Rosario.

Cortés E, Schneider A, Panigo E, Perreta M, De Prado R, Dellaferrera I. 2023. First Report of Resistance to Glyphosate in Several Species of the Genus *Echinochloa* in Argentina. *Agronomy*, 13(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051219>

Crutchfield DA, Wicks GA, Burnside OC. 1985. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control. *Weed science*. Volume 34:110-114.

Curran WS, Liebl RA, Simmons FW. 1992. Effects of tillage and application method on clomazone, imazaquin, and imazethapyr persistence. *Weed Science* 40, 482-489.

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Erbach DC, Lovely WG. 1975. Effect of plant residue on herbicide performance in no-tillage corn. *Weed science* 23 (6): 512-515.

Finello M, Imhoff J, Turchi D. 2016. Estrategias para el control de gramíneas estivales: *Chloris* sp. y *Trichloris* spp., *Eleusine indica*, *Echinochloa* colona. Proyecto malezas CREA. Módulos de evaluación de estrategias químicas y de manejo para el control de malezas problema. Pagina web <https://malezascrea.org.ar/wp-content/uploads/2018/10/Manejo-de-Echinochloa-sp.-Eleusine-sp.-Chloris-sp.-y-Sorghum-halepense-en-Soja-Regi%C3%B3n-Santa-Fe-Centro.pdf>. Consultado: 12 de julio de 2023

Gasser M, Vegetti AC. 1997. Inflorescence typology in *Eleusine indica* and *Eleusine tristachya* (Poaceae), *Flora*, 192: 17-20.

Gazola T, Carbonari CA, Velini ED. 2022. Weed germination and growth in soil covered with maize straw. *Advances in Weed Science*, 40.

Ghadiri H, Shea PJ, Wicks GA. 1984. Interception and retention of atrazine by wheat (*Triticum aestivum* L.) stubble. *Weed Sci* 32: 24-27.

Gish TJ, Prueger JH, Daughtry CS, Kustas WP, McKee LG, Russ AL, Hatfield JL. 2011. Comparison of field-scale herbicide runoff and volatilization losses: An eight-year field investigation. *Journal of Environmental Quality*, 40(5), 1432-1442.

Goetz AJ, Lavy TL, Gebur Jr. EE. 1990. Degradation and field persistence of imazethapyr. *Weed Sci* 38: 421-428.

Haskins B. 2012. Using pre-emergent herbicides in conservation farming systems NSW: The NSW Department. Weed management.

Hobbs PR, Sayre K, Gupta R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philos Trans R Soc Lond Ser B* 363:543-555.

Holm LG. 1991. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. Krieger. 609 pp.

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



Khalil Y, Flower K, Siddique KH, Ward P. 2018. Effect of crop residues on interception and activity of prosulfocarb, pyroxasulfone, and trifluralin. PLoS One 13: e0208274.

Khalil Y, Flower K, Siddique KH, Ward P. 2019. Rainfall affects leaching of pre-emergent herbicide from wheat residue into the soil. PLoS One 14(2): e0210219.

Khalil Y, Flower K, Siddique KH, Ward P. 2020. Pyroxasulfone efficacy for annual ryegrass control is affected by wheat residue height, amount and orientation. Pest Manag Sci 76: 861–867.

Kochany J, Maguire R. 1994. Sunlight photodegradation of metolachlor in water. J. Agric. Food Chem 42 (2), 406-412.

Lamoreaux RJ, Jain R, Hess FD. 1993. Efficacy of dimethenamid, metolachlor and encapsulated alachlor in soil covered with crop residue. Brighton crop protection conference, weeds Proceedings of an international conference; Brighton, United Kingdom: GeoScience.

Lewis KA, Tzilivakis J, Warner D, Green A. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 22(4), 1050-1064.

Lopes Ovejero RF, Soares DJ, Oliveira WS, Fonseca LB, Berger GU, Soteris JK, Christoffoleti PJ. 2013. Residual herbicides in weed management for glyphosate-resistant soybean in Brazil. Planta Daninha, 31, 947-959.

Loza V, Permingeat F, Rovea A. 2016. Estrategias químicas y de manejo para el control de malezas problema. Proyecto malezas CREA. Módulos de evaluación 2016.

Metzler M., Ahumada M. 2016. Evaluación de herbicidas residuales preemergentes para el control de Echinochloa crus-galli en Entre Ríos. Argentina: INTA, 1-14.

Mills JA. 1988. Effects of soybean tillage systems on the efficacy, phytotoxicity, and persistence of imazaquin, imazethapyr, and clomazone. Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



Doctor of Philosophy at The University of Kentucky.

Mills JA, Witt WW. 1989. Effect of tillage systems on the efficacy and phytotoxicity of imazaquin and imazethapyr in soybean (*Glycine max*). *Weed Science*. Volume 37:233-238.

Minitab, LLC. (2021). Minitab. Retrieved from <https://www.minitab.com>

Morota FK, Matte WD, de Oliveira Jr. RS, Biffe DF, Franchini LHM, Constantin J. 2018. Sistemas de manejo de plantas daninhas utilizando o novo herbicida pyroxasulfone visando ao controle químico de gramíneas em soja. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 17(2), 584-1.

Nakatani M, Yamaji Y, Honda H, Uchida Y. 2016. Development of the novel pre-emergence herbicide pyroxasulfone. *Journal of pesticide science*, 41(3), 107-112.

Nichols V, Verhulst N, Cox R, Govaerts B. 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: a review. *Field Crop Res* 183:56–68.

Papa JC. 2000. Eficiencia de Cosecha y Poscosecha. Principales malezas resistentes al glifosato en el cultivo de soja y su ciclo vegetativo. Manual Técnico N° 3. Editores: Bragachini M, Casini C. Manfredi. Col. Cient. INTA Precop.

Papa JC, Tuesca D, Bacigaluppo D. 2010. Detección reciente en la provincia de Santa Fe de biotipos de *Echinochloa colona* sospechosos de presentar resistencia a glifosato. Para mejorar la producción 45. *Revista Cultivos Estivales*. INTA Oliveros. 91-94.

Picapietra G, Ponsa JC. 2015. Competencia y manejo de Capín de Arroz (*Echinochloa colona* L. Link) en el cultivo de Soja (*Glycine max* L. Merr.). INTA. Estación experimental agropecuaria Pergamino.

Procópio SO, Menezes CCE, Pires FR, Barroso All, Cargnelutti filho A, Rudovalho MC, Moraes RV, Silva MVV, Caetano JO. 2006. Eficácia de imazethapyr e chlorimuron-ethyl em aplicações de pré-semeadura da cultura da soja. *Planta danhina* 24(3), 467-473.

Prueger JH, Gish TJ, McConnell LL, Mckee LG, Hatfield JL, Kustas WP.

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



2005. Solar radiation, relative humidity, and soil water effects on metolachlor volatilization. *Environ Sci Technol* 39(14), 5219-5226.

Ramos GDC, Santos PHVD, Schendenfeldt BF, Hirata ACS, Monquero PA. 2021. Management of *Eleusine indica* and *Digitaria insularis* with Herbicides in Association with Cover Plants. *Journal of Experimental Agriculture International*, 43(2), 21-32.

REM (Aapresid). 2022. Mapas de malezas problema de Argentina.

En: <https://www.aapresid.org.ar/rem-malezas/mapa-malezas>.

Rodrigues BN. 1993. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. *Planta Daninha*, v. 11, n. 1/2: 21-28.

Roman ES, Vargas L, Rizzardi MA, Mattei R. 2004. Resistance of italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) to glyphosate. *Planta daninha*, 22(2), 301-306.

Santos Irrazabal JJD, Etchegoimberry Dall'orso P. 2016. Evaluación de tratamientos herbicidas de pre y postemergencia para el control de capín (*Echinochloa colona*) en soja. Tesis para obtener el título de ingeniero agrónomo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.

Schmitz GL, Witt WW, Mueller TC. 2001. The effect of wheat (*Triticum aestivum*) straw levels on chlorimuron, imazaquin, and imazethapyr dissipation and interception. *Weed Technology* 15 (1), 129-136.

Singh N, Kloeppel H, Klein W. 2002. Movement of metolachlor and terbuthylazine in core and packed soil columns. *Chemosphere*, 47(4): 409-415.

Smith HC, Ferrell JA, Webster TM, Fernandez JV, Dittmar PJ, Munoz PR, MacDonald GE. 2016. Impact of irrigation volume on PRE herbicide activity. *Weed Technol* 30:793-800.

Sperry BP, Ferguson JC, Bond JA, Kruger GR, Johnson AB, Reynolds DB. 2022. Effect of differential levels of simulated overhead irrigation on residual herbicides applied to wheat straw-covered soil for barnyardgrass control. *Weed Technol*. 36:648-654. doi: 10.1017/wet.2022.30

Stephenson DO, Bond JA, Griffin JL, Landry RL, Woolam BC, Edwards

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



HM, Hardwick JM. 2017. Weed management programs with pyroxasulfone in field Corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 31(4), 496-502.

Stougaard RN., Shea PJ., Martin AR. 1990. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility, and efficacy of imazaquin and imazethapyr. *Weed Science*, 38(1), 67-73.

Tanetani Y, Kaku K, Kawai K, Fujioka, Shimizu T. 2009. Action mechanism of a novel herbicide, pyroxasulfone. *Pestic Biochem Physiol* 95:47–55.

Tasrif A, Juraimi AS, Kadir J, Napis S, Sastroutomo, S. S. 2011. Morphological variation of the ecotypes of *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* (L). Beauv (Barnyard grass: Poaceae) in Malaysia and Indonesia. *Biotropia* 22: 1-14.

Taylor AW, Spencer WF. 1990. Volatilization and vapor transport processes. In: Cheng, H.H. (Ed.), *Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts, and Modeling*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 213-269.

Teasdale JR, Mohler CL. 1993. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agron. J.* 85: 673-680.

Tejeda Rodriguez A, Rossi S, Jorge N, Trigo E. 2021. 25 años de cultivos genéticamente modificados. *Bolsa de Cereales*.

Tuesca D, Puricelli E. 2007. Effect of tillage systems and herbicide treatments on weed abundance and diversity in a glyphosate resistant crop rotation. *Crop Protection*, 26: 1765-1770.

Tuesca D, Nisensohn L, Sabbatini M, Chantre Balacca G. 2010. Resistencia de malezas a herbicidas: evolución y estrategias de manejo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 619-626.

Ustarroz D, Rainero H. 2013. Grama carraspera (*Eleusine indica*) resistente a glifosato confirmada en la provincia de Córdoba, Argentina. *Cartilla Digital Manfredi* ISSN On line 1851-7994. INTA EEA Manfredi, disherbología.

Yamaji Y, Honda H, Kobayashi M, Hanai R, Inoue J. 2014. Weed control

**(1994-
2024)**

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



efficacy of a novel herbicide, pyroxasulfone. *Journal of Pesticide Science*, 39(3), 165-169.

Yamaji Y, Honda H, Hanai R, Inoue J. 2016. Soil and environmental factors affecting the efficacy of pyroxasulfone for weed control. *J. Pestic. Sci.* 41, 1-5.

Zamar JL, Alessandria EE, Barchuk AH, Luque SM. 2000. Emergencia de plántulas de malezas bajo residuos de especies utilizadas como cultivos de cobertura. *Agriscientia*, 17, 59-64.

Zemolin CR, Avila LA, Cassol GV, Massey JH, Camargo ER. 2014. Environmental fate of S-metolachlor: a review. *Planta Daninha*, v. 32, n. 3, p. 655-664.

Zuloaga FO, Morrone O, Davidse G, Filgueiras TS, Peterson PM, Soreng RJ, Judziewicz EJ. 2003. Catalogue of New World Grasses (Poaceae): III. Subfamilies Panicoideae, Aristidoideae, Arundinoideae, and Danthonioideae. *Contr. U.S. Natl. Herb.* 46:1-662.