

Control de *Bidens subalternans* con dos formulaciones de clomazone en Canindeyú, Paraguay

Controle de *Bidens subalternans* com duas formulações de clomazona em Canindeyú, Paraguai

Andrea C. Z. Cabrera^a, Marcos J. M. Duarte^b, Guillermo A. Enciso-Maldonado^{c*}, Osmar R. A. R. Diaz^d

^aEscuela de Posgrado, Universidad Nacional de Canindeyú, Katuete, Canindeyú, Paraguay. ^bPrograma de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. ^cUniversidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción" Unidad Pedagógica Hohenau, Hohenau, Itapúa, Paraguay. ^dÁrea de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Central, Paraguay.

Resumen: Introducción: la resistencia de *Bidens subalternans* al glifosato y herbicidas inhibidores de ALS va en aumento en las regiones de producción de soja en Paraguay, por lo cual el uso de herbicidas pre-emergentes es cada vez más importante entre ellas el clomazone. Algunas formulaciones como las microencapsuladas pueden reducir el inconveniente de la volatilización de clomazone en comparación con otras formulaciones.

Objetivo: el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficacia de diferentes formulaciones de clomazone en el control de *Bidens subalternans* en pre-siembra de la soja.

Métodos: los experimentos fueron conducidos en las localidades de San Juan y Nueva Esperanza (Canindeyú, Paraguay). Los tratamientos fueron diferentes formulaciones de clomazone aplicados en pre-emergencia del *Bidens subalternans*, las evaluaciones de control fueron hasta los 42 días después de la aplicación (DDA).

Resultados: los resultados obtenidos de control de *Bidens subalternans* en ambas localidades fueron similares, los controles de las formulaciones microencapsuladas fueron consistentes hasta los 42 DDA, siendo superior a las formulaciones en suspensión concentradas.

Conclusión: las aplicaciones de clomazone fueron eficiente de forma general, siendo las formulaciones microencapsuladas superiores hasta los 42 DDA.

Resumo: Introdução: A resistência de *Bidens subalternans* ao glifosato e a herbicidas inibidores de ALS está aumentando nas regiões de produção de soja no Paraguai, tornando o uso de herbicidas pré-emergentes cada vez mais importante, entre eles o clomazone, cujo principal inconveniente é a volatilização. Algumas formulações, como as microencapsuladas, podem reduzir esse problema em comparação com outras formulações.

Objetivo: Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de diferentes formulações de clomazone no controle de *Bidens subalternans* em pré-semeadura da soja.

Métodos: Os experimentos foram conduzidos nas localidades de San Juan e Nueva Esperanza (Canindeyú, Paraguai). Os tratamentos foram diferentes formulações de clomazone aplicadas em pré-emergência de *Bidens subalternans*, com avaliações de controle realizadas até os 42 dias após a aplicação (DAA).

Resultados: Os resultados de controle de *Bidens subalternans* em ambas as localidades foram semelhantes; os controles das formulações microencapsuladas foram consistentes até os 42 DAA, superando as formulações em suspensão concentrada.

Conclusão: As aplicações de clomazone foram geralmente eficazes, sendo as formulações microencapsuladas superiores até os 42 DAA.

Palabras-clave: control, clomazone, pre-emergente, picão preto.

Palavras-chave: controle, clomazone, pré-emergente, picão preto.

Journal Information:

ISSN: 2763-8332

Website: <https://www.weedcontroljournal.org/>

Jornal da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Cómo citar: Cabrera ACZ, Duarte MJM, Enciso-Maldonado GA, Diaz ORAR. Control de *Bidens subalternans* con dos formulaciones de clomazone en Canindeyú, Paraguay. Weed Control J. 2025;24:e202500870. <https://doi.org/10.7824/wcj.2025;24:00870>

Aprobado por:

Editor-Jefe: Cristiano Piasecki

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de intereses con respecto a la publicación de este manuscrito.

Recepción: Noviembre 12, 2024

Aprobación: Febrero 4, 2025

* Autor correspondiente:

<guillermo.enciso@uc.edu.py>



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se de crédito al autor original y la fuente.

Copyright: 2025

1. Introducción

La producción agrícola enfrenta diversos desafíos, siendo las malezas uno de los más significativos. Estas plantas indeseadas compiten con los cultivos por agua, luz y nutrientes, y actúan como hospederos de enfermedades que pueden afectar seriamente a las especies de interés agrícola (Berger et al., 2010; Kaur et al., 2018; Byron et al., 2019). Un problema creciente en el control de malezas es la aparición de biotipos resistentes a herbicidas, especialmente aquellos resistentes al glifosato, cuya incidencia ha aumentado en las regiones agrícolas de Paraguay en los últimos años (Albrecht et al., 2020).

Entre las malezas resistentes más expansivas se encuentra *Bidens subalternans*, conocida localmente como *picão preto* o *Kapi'i una* (Albrecht et al., 2024). Esta especie se caracteriza por su rápida capacidad de infestación en cultivos clave como la soja, el maíz y el trigo, gracias a su eficiente mecanismo de dispersión, que incluye semillas con estructuras adaptadas al transporte por viento, agua y animales (Silva, 2020).

Su presencia en los sistemas agrícolas no solo reduce significativamente el rendimiento de los cultivos al competir por recursos esenciales como luz, agua y nutrientes, sino que también incrementa los costos de producción para los agricultores, debido a la necesidad de controles repetidos y la mayor dependencia de herbicidas (Freitas et al., 2021). Además, *B. subalternans* ha demostrado adaptarse a diversas prácticas agrícolas, lo que dificulta su manejo eficaz en los sistemas de monocultivo (Pamplona et al., 2020).

La resistencia a herbicidas, especialmente a inhibidores de ALS y EPSPS, complica aún más su control. Esto subraya la importancia de estrategias integradas, como la rotación de cultivos, el uso de herbicidas con diferentes modos de acción y la incorporación de técnicas culturales que reduzcan la viabilidad del banco de semillas (Freitas et al., 2021). Una vez que esta especie logra establecerse en los

campos, las opciones de manejo se vuelven limitadas, lo que enfatiza la necesidad de intervenir en etapas tempranas para evitar su proliferación.

La resistencia de *B. subalternans* a herbicidas se ha visto exacerbada por prácticas agrícolas como el monocultivo y el uso repetitivo de herbicidas con el mismo mecanismo de acción. Esta situación ha favorecido el desarrollo de biotipos resistentes no solo al glifosato sino también a inhibidores de ALS, complicando aún más las estrategias de manejo (Takano et al., 2020a). La resistencia múltiple eleva la complejidad y el costo del control, lo que demanda la implementación de prácticas de manejo más sostenibles y eficaces a largo plazo (Silva et al., 2024).

El control químico sigue siendo una herramienta fundamental en el manejo de malezas, donde la aplicación de herbicidas pre y post emergentes específicos desempeña un papel crucial. Entre estos se encuentran inhibidores de PPO, ALS y DOXP (Deoxy-D-Xylulose Phosphate Synthase) (Moraes et al., 2021). Sin embargo, para optimizar su eficacia y prolongar su vida útil, es esencial evitar la presión de selección que conduce a la resistencia (Beckie et al., 2021).

Las formulaciones de clomazona, como el microencapsulado (ME) y la suspensión concentrada (SC), presentan diferencias significativas en su comportamiento ambiental y eficacia agronómica. El clomazona ME utiliza cápsulas poliméricas para liberar el ingrediente activo de manera gradual, lo que reduce su volatilidad y deriva, minimizando el impacto ambiental y mejorando la selectividad en cultivos sensibles (Singh et al., 2020). Por otro lado, la formulación SC se caracteriza por una liberación más rápida del ingrediente activo, lo que permite una acción herbicida más inmediata, pero con un mayor riesgo de volatilización y efectos adversos en cultivos adyacentes (Takeshita et al., 2019).

Además, el microencapsulado suele ser más eficaz en suelos con altas temperaturas o bajo contenido de materia orgánica, ya que prolonga la actividad residual del herbicida, mientras que la SC puede requerir aplicaciones más frecuentes para mantener el control de malezas en estas condiciones (Kudsk, 2017). Sin embargo, estas ventajas del ME pueden estar asociadas con un costo más elevado, lo que influye en la elección por parte de los agricultores según las condiciones del campo y las restricciones económicas.

Optimizar el uso de herbicidas es vital para garantizar un control efectivo de *B. subalternans* y para prolongar la eficacia de los compuestos disponibles. La adopción de estrategias de manejo integrado de malezas, que incluya la rotación y mezcla de herbicidas junto con prácticas culturales, puede ayudar a mantener la eficacia de los tratamientos y mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Lacerda et al., 2019). Este enfoque integrado es esencial para enfrentar el desafío de la resistencia y asegurar la productividad a largo plazo de los cultivos de soja en Paraguay.

En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficacia de control de diferentes formulaciones del herbicida clomazone aplicadas en pre y pos siembra de soja, y analizar su relación con el costo de

aplicación en el control del banco de semillas de malezas en el cultivo de soja. Al explorar la efectividad de estas formulaciones, se busca proporcionar recomendaciones para un manejo más eficiente y sostenible de *B. subalternans*.

2. Materiales y Métodos

Se realizaron dos experimentos en simultáneo en el Departamento de Canindeyú, Paraguay. Uno de ellos en el asentamiento San Juan, Distrito de Francisco Caballero Alvares, y el otro en Troncal 4, Distrito de Nueva Esperanza. Según Pastén et al., (2011), estos distritos, ubicados en la zona norte de la región oriental (Cfa), se caracterizan por tener abundantes precipitaciones distribuidas regularmente a lo largo del año. Los veranos son calurosos, mientras que los inviernos son más frescos, con una mayor probabilidad de heladas (un promedio de tres al año aproximadamente), donde la temperatura promedio anual es de 20,7 °C, con una precipitación anual de 1759,8 mm. Los suelos de esta región son de origen basáltico *Rhodic Kandiudox* con pH 5,4, con materia orgánica de 1,8 %, fosforo extraíble 21 mg kg⁻¹, potasio de cmol_c kg⁻¹, suma de bases de 4,5 cmol_c kg⁻¹ (Martínez-Braga, 2011; Arce-Barrios, 2017) con histórico de siembra directa de soja, maíz y trigo.

Durante el periodo experimental (entre agosto y diciembre de 2023), en Troncal 4 la temperatura media fue de 24,4 °C (mínima media de 15,5 °C y máxima media de 32,8 °C), mientras que la humedad relativa promedio fue de 76,0 % y la precipitación total fue de 553,2 mm (Figura 1A); mientras que, en San Juan, la temperatura media fue de 22,0 °C (mínima media de 11,7 °C y máxima media de 31,2 °C), mientras que la humedad relativa promedio fue de 75,4 % y la precipitación total fue de 660,6 mm (Figura 1B).

Se evaluaron 11 tratamientos con 4 repeticiones, totalizando 44 unidades experimentales, que consistieron en diferentes aplicaciones en pre-emergencia de *B. subalternans* (Tabla 1). Catorce días antes de la aplicación de los pre-emergentes. Se aplicó 2 L ha⁻¹ de glifosato al 60,8% (Panzer® Gold, Corteva Agriscience Paraguay SA) con 0,3 L ha⁻¹ de halauxifen-metilo al 1,25% + fluroxipir-meptil al 28% (Texaro®, Corteva Agriscience Paraguay SA), de manera general en toda el área experimental. No se incluyeron tratamientos ni evaluaciones de control pos-emergentes en este estudio.

Las dimensiones de cada unidad experimental fueron de 4 m de ancho y 8 m de largo, totalizando 32 m² con testigo apareado de 1 m en cada unidad experimental. En ambas localidades se aplicó el diseño experimental bloques completamente al azar, la aleatorización de los tratamientos se realizó previo a la instalación del experimento por medio de sorteos. Para las aplicaciones de los tratamientos se utilizó el equipo de aplicación a CO₂ con 6 picos a un caudal de 120 L ha⁻¹, punta AXIR 110015. Todas las aplicaciones (deseccación y pre-emergencia) se realizaron luego de las 18:00 hs, donde se registraron temperaturas entre 20 y 25 °C, con humedad relativa de entre 72 y 76%, con velocidad del viento menor a 10 km h⁻¹, y sin registro de lluvias en las 24 h previas y posteriores a la aplicación.

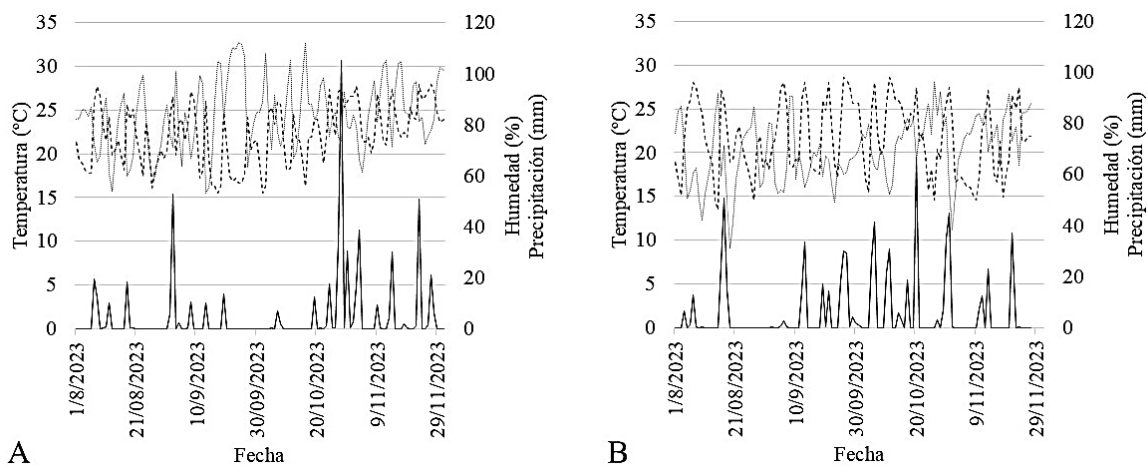


Figura 1. Fluctuación de temperatura, humedad relativa y precipitación durante el periodo experimental en Troncal 4 (A) y San Juan (B), Departamento de Canindeyú, Paraguay.

Tabla 1. Tratamiento, marca, fabricante, formulación. Ingrediente activo, concentración y dosis.

Tratamiento	Marca	Fabricante	Formulación	Ingrediente activo	Concentración (%)	Dosis (L ha ⁻¹)
T1	-	-	-	-	-	-
T2	Gamit	FMC	SC	Clomazone	48	1.2
T3	Gamit	FMC	SC	Clomazone	48	1.5
T4	Libeccio	Sipcam	ME	Clomazone	36	1.2
T5	Libeccio	Sipcam	ME	Clomazone	36	1.5
T6	Libeccio	Sipcam	ME	Clomazone	36	1.7
T7	Libeccio	Sipcam	ME	Clomazone	36	2
T8	Cervino Gold	Sipcam	SC	Clomazone + Flumioxazin	50 + 3.1	1
T9	Cervino Gold	Sipcam	SC	Clomazone + Flumioxazin	50 + 3.1	1.2
T10	Cervino Gold	Sipcam	SC	Clomazone + Flumioxazin	50 + 3.1	1.5
T11	Cervino Gold	Sipcam	SC	Clomazone + Flumioxazin	50 + 3.1	2

Las evaluaciones de control en pre-emergencia fueron realizadas utilizando la escala de fitotoxicidad de ALAM (1979), detallada en la Tabla 2. Las evaluaciones fueron a los 14, 28, 35 y 42 días después de la aplicación (DDA), para

mejorar la exactitud de control fueron utilizados los testigos apareados como comparativos. Las evaluaciones fueron realizadas considerando la parte central de cada unidad experimental, descartando los bordes.

Tabla 2. Escala visual de control en pre-emergencia de ALAM (1979).

Nivel	Descripción	Porcentaje de control
0	Son control	0%
1	Muy pobre	Menor de 30%
2	Pobre	30% - 60%
3	Bueno	60% - 90%
4	Excelente	Mayor al 90%

Los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y de heterocedasticidad de Bartlett, y posteriormente se realizó un análisis de varianza individual para cada experimento en cada localidad. Para corroborar la homogeneidad de los errores, se calculó la razón de los cuadrados medios del error, asegurando que esta fuese menor

a 7 (Banzatto y Kronka, 2013). Posteriormente, se realizó un análisis conjunto de los experimentos. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software R, empleando las funciones del paquete *Agricolae*.

3. Resultados y Discusión

Según el análisis de varianza (Tabla 3), la localidad y la interacción entre tratamientos y localidad no fue significativa ($p > 0,05$), lo que sugiere que la variabilidad en la respuesta al tratamiento no fue afectada, es decir, los efectos observados de los tratamientos herbicidas fueron

consistentes en las diferentes localidades, y la eficacia de los tratamientos no dependió del lugar donde se aplicaron. Por otro lado, la evaluación de la eficacia de distintas formulaciones de herbicidas para el control de *B. subalternans* mostró diferencias significativas en el control de la maleza entre los tratamientos a lo largo de las cuatro evaluaciones temporales ($p < 0.0001$).

Tabla 3. Resumen de valores de F calculada del análisis de variancia conjunto para control de *B. subalternans* en función de herbicidas y control a los 14, 28, 35 y 42 DDA.

Fuente de Variación (FV)	GL	14 DDA	28 DDA	35 DDA	42 DDA
Bloques	6	0	43,1 ns	200,0 ns	913,5 **
Tratamientos (T)	10	72727,2 **	61000,1 **	55000,0 **	61075,8 **
Localidad (L)	1	0,00 ns	0,00 ns	25,0 ns	21,0 ns
Interacción T x L	10	0,00 ns	5,3 ns	300,0 ns	117,6 ns
Residuo	60	0	367,7	800	1622,7
C.V. (%)	-	0	3	7	5,5

**significa que los resultados son estadísticamente significativos al nivel que corresponda (generalmente 0.01 o 0.05), y "ns" indica que no es significativo.

Inicialmente, a los 14 días después de la aplicación (DDA), todos los tratamientos, excepto el testigo, lograron un control del 100,0% de *Bidens subalternans*, en marcado contraste con el tratamiento testigo, que no exhibió ningún control (Tabla 4). Este resultado inicial confirma la alta eficacia de las formulaciones utilizadas, tanto de clomazone solo como en combinación con flumioxazin, en el manejo temprano de esta maleza. Resultados similares fueron reportados por Mendes et al. (2019), quienes demostraron que la aplicación de herbicidas preemergentes reduce significativamente la emergencia de malezas, lo que disminuye la competencia por recursos en etapas críticas del desarrollo del cultivo.

A los 28 DDA, se evidenciaron diferencias en la eficacia entre los tratamientos. El T7 (clomazone al 36% a 2,0 L ha⁻¹), mostró el mayor control, con un 96,6%, seguido de T6 (clomazone al 36% a 1,7 L ha⁻¹), que alcanzó un control del 95,3% (Tabla 4). Estas formulaciones, diseñadas para liberar el ingrediente activo de forma gradual, permiten una acción residual prolongada, tal como lo han destacado Billore et al. (2017). Por otro lado, el T2 (clomazone al 48% a 1,2 L ha⁻¹), mostró un control menor del 84,0% (Tabla 4), lo que resalta la importancia de ajustar la dosis para mantener una eficacia adecuada en el tiempo, como sugieren Pamplona et al. (2020). El T11 (clomazone al 50% + flumioxazin al 3,1% a 2,0 L ha⁻¹), mostraron un excelente desempeño, alcanzando un control del 96,8% (Tabla 4). Estos hallazgos son consistentes con Rocha-Pereira et al. (2022), quienes documentaron que combinaciones de herbicidas con diferentes modos de acción son efectivas para ampliar el espectro de control y manejar biotipos resistentes.

A los 35 DDA, la eficacia de control de algunos tratamientos comenzaron a disminuir ligeramente (Tabla 4). El T7 (clomazone al 36% a 2,0 L ha⁻¹), mantuvo un control elevado, con un 96,6%, mientras que el T6 (clomazone al 36% a 1,7 L ha⁻¹) alcanzó un control del 95,3%. En contraste, los tratamientos T4 (clomazone al 36% a 1,2 L ha⁻¹) y T5

(clomazone al 36% a 1,5 L ha⁻¹), mostraron reducciones más notables en la eficacia de control, alcanzando valores de 87,8% y 91,4%, respectivamente. Esta tendencia puede atribuirse a la degradación del herbicida en el suelo, tal como lo sugiere Silva (2020). En cuanto a los tratamientos que contienen combinaciones de clomazone al 50% + flumioxazin al 3,1%, en dosis de 1,5 L ha⁻¹ y 2,0 L ha⁻¹ (T10 y T11, respectivamente), estas mantuvieron controles del 92,0% y 95,8%, respectivamente, lo que refuerza la importancia de usar dosis óptimas para maximizar la actividad residual.

Finalmente, a los 42 DDA, el T7 (clomazone al 36% a 2,0 L ha⁻¹), presentó el mejor desempeño, con un control del 97,1% (Tabla 4). Estos resultados sugieren que esta formulación proporciona un control robusto y prolongado, reduciendo la necesidad de aplicaciones repetidas. Cabe resaltar que el T6 (clomazone al 36% a 1,7 L ha⁻¹), mantuvo un control del 94,8%, mientras que el T2 (clomazone al 48% a 1,2 L ha⁻¹), mostró un control reducido del 82,9% (Tabla 4). Este desempeño inferior en dosis más bajas está alineado con Takano et al. (2020a), quienes señalaron que las dosis subóptimas comprometen la persistencia del control en suelos con alta presión de malezas. Por otro lado, las combinaciones de clomazone al 50% + flumioxazin al 3,1%, en una dosis de 2,0 L ha⁻¹ (T11), mantuvieron un control del 95,1%, mientras que dosis menores, como 1,2 L ha⁻¹ (T9), presentaron un control del 88,1% (Tabla 4). Además, es importante resaltar que la adición del flumioxazin influye en los resultados del control de pre-emergencia porque proporciona un modo de acción adicional a la clomazone. Específicamente, el flumioxazin (un inhibidor de la PPO) ofrece actividad residual de contacto y de corto plazo contra una variedad de malezas de hoja ancha, mejorando y prolongando así el control general (Zakharova y Nemykin, 2022). Cuando se combina con clomazone (un inhibidor de la biosíntesis de carotenoides que proporciona actividad residual contra varias especies de malezas), esta mezcla amplía el espectro de control de malezas y puede producir

resultados de preemergencia más sólidos y consistentes que el uso de clomazona solo.

En general, los resultados obtenidos subrayan la importancia de seleccionar formulaciones y dosis adecuadas para garantizar un control eficaz de *Bidens subalternans*. Las formulaciones de clomazona al 36%, en dosis de 1,7-2,0 L ha⁻¹ (T6 y T7, respectivamente), demostraron ser altamente efectivas, mientras que las combinaciones con flumioxazin mostraron resultados prometedores en el manejo

de biotipos resistentes (Tabla 4, Figura 2). Estos hallazgos están respaldados por estudios como los de Mendes et al., (2019), Pamplona et al. (2020) y Silva et al. (2024), quienes destacan que el uso de estrategias combinadas y la implementación de programas de manejo integrado de malezas son esenciales para prevenir la evolución de resistencias y garantizar la sostenibilidad del control de malezas en sistemas agrícolas.

Tabla 4. Eficacia de control de los tratamientos evaluados a los 14, 28, 35 y 42 días después de la aplicación.

Tratamiento	Ingrediente Activo	Concentración (%)	L ha ⁻¹	14 DDA	28 DDA	35 DDA	42 DDA
T1	-	-	-	0,0 b	0,0 e	0,0 e	0,0 f
T2	Clomazone	48	1.2	100,0 a	84,0 d	88,0 cd	82,9 e
T3	Clomazone	48	1.5	100,0 a	88,8 cd	89,1 cd	87,9 de
T4	Clomazone	36	1.2	100,0 a	88,0 cd	87,8 d	85,8 cde
T5	Clomazone	36	1.5	100,0 a	91,3 ab	91,4 bc	90,5 abcd
T6	Clomazone	36	1.7	100,0 a	95,3 a	95,3 a	94,8 abc
T7	Clomazone	36	2	100,0 a	96,6 a	96,6 a	97,1 a
T8	Clomazone + Flumioxazin	50 + 3,1	1	100,0 a	84,8 d	86,8 d	86,8 de
T9	Clomazone + Flumioxazin	50 + 3,1	1.2	100,0 a	89,1 bcd	88,1 d	88,1 cde
T10	Clomazone + Flumioxazin	50 + 3,1	1.5	100,0 a	91,0 abc	92,0 bc	93,8 abc
T11	Clomazone + Flumioxazin	50 + 3,1	2	100,0 a	96,8 a	95,8 a	95,1 ab

Medias seguidas por las mismas letras minúsculas en las columnas y mayúsculas en las filas no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

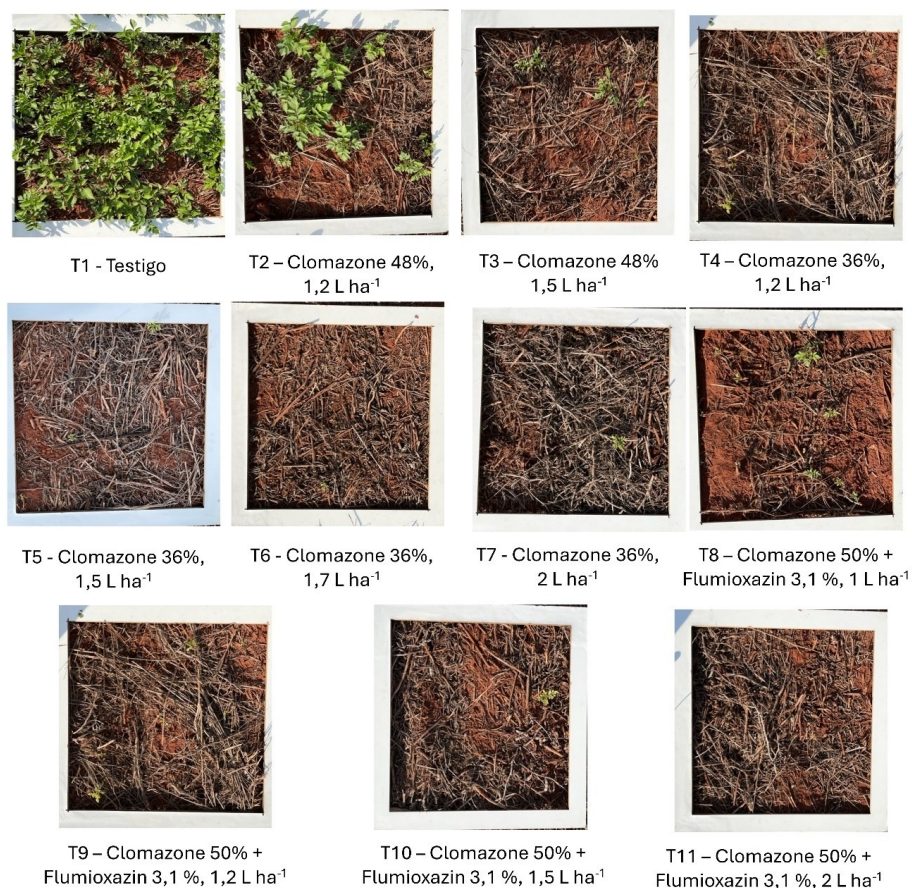


Figura 2. Fotografía de las parcelas tratadas con los diferentes herbicidas pre-emergentes a los 42 DDA.

La selección adecuada de herbicidas y sus concentraciones es fundamental para el manejo efectivo y sostenible de malezas como *B. subalternans*. Esta decisión es especialmente relevante en la agricultura moderna, donde emergen preocupaciones como la resistencia a herbicidas y la necesidad de sostenibilidad ambiental. Los resultados de investigaciones recientes, incluyendo este estudio, demuestran que combinaciones específicas de herbicidas pueden proporcionar un control inicial completo de esta maleza a corto plazo, consistentes con hallazgos que resaltan la eficacia de estas mezclas en biotipos resistentes (López-Ovejero et al., 2006; Mendes et al., 2019).

Sin embargo, la importancia de mantener un control efectivo a largo plazo es evidente, ya que algunos tratamientos como los que incluyen clomazone en concentraciones óptimas han demostrado ser particularmente efectivos hasta un mes después de su aplicación. Esto subraya la relevancia de una dosificación adecuada que no solo proporcione una eficacia inmediata sino también una actividad residual que permita reducir la frecuencia de aplicaciones, minimizando la presión sobre las malezas y retardando el desarrollo de resistencias (Evans et al., 2016; Alcántara-de la Cruz et al., 2019).

Por otra parte, el manejo de la resistencia a herbicidas se convierte en un aspecto crucial. El uso de combinaciones de herbicidas con múltiples modos de acción puede mejorar significativamente el control de malezas y al mismo tiempo reducir la probabilidad de que surjan biotipos resistentes. Estas prácticas están en línea con las recomendaciones de manejo integrado de malezas que sugieren rotar y combinar herbicidas para evitar la selección de resistencias, un punto crítico para la sostenibilidad a largo plazo de las prácticas agrícolas (Silva et al., 2024).

Las consideraciones sobre el impacto ambiental y la sostenibilidad también juegan un papel importante en la selección de herbicidas. Formulaciones que ofrecen control prolongado con menos aplicaciones pueden reducir la carga química sobre el ambiente y fomentar la biodiversidad en los agroecosistemas. Además, el uso estratégico de herbicidas que minimiza las aplicaciones no solo está alineado con las prácticas de agricultura sostenible, sino que también ayuda a promover un equilibrio entre la productividad agrícola y la conservación ambiental (Gage et al., 2019; Takano et al., 2020b).

Referencias

ALAM – Asociación Latinoamericana de Malezas. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de herbicidas. Montevideo: ALAM, 1979. 20 p.

Albrecht AJ, Thomazini G, Albrecht LP, Pires A, Lorenzetti JB, Danilussi MTY, et al. Conyza sumatrensis resistant to paraquat, glyphosate and chlorimuron: confirmation and monitoring the first case of multiple resistance in Paraguay. Agriculture. 2020;10(12):582. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture10120582>

Albrecht AJ, Thomazini G, Albrecht LP, Pires A, Danilussi

Finalmente, tratamientos efectivos que requieren menos aplicaciones pueden disminuir significativamente los costos de mano de obra y productos, además de minimizar las pérdidas de cultivos por competencia con las malezas. Esta mejora en la rentabilidad agrícola refuerza la necesidad de tomar decisiones basadas en evidencia científica rigurosa para el manejo de malezas, destacando la complejidad y la importancia de estas decisiones en el contexto de la agricultura actual (Alcántara-de la Cruz et al., 2019).

Este estudio resalta la importancia de seleccionar y combinar adecuadamente herbicidas para lograr un control efectivo y duradero de *B. subalternans*, minimizando la presión de selección que podría llevar al desarrollo de biotipos resistentes. Sin embargo, futuras investigaciones deben centrarse en desarrollar y optimizar estrategias de manejo de malezas basadas en una integración de prácticas químicas y no químicas. El estudio de nuevas combinaciones de herbicidas con múltiples modos de acción, especialmente aquellas que puedan ofrecer un control prolongado con menor impacto ambiental, es clave para avanzar en el manejo sostenible. Finalmente, comprender mejor los mecanismos de resistencia y su interacción con factores ambientales específicos permitirá el desarrollo de prácticas de manejo de malezas que no solo sean eficaces, sino también alineadas con los principios de sostenibilidad y biodiversidad en los agroecosistemas.

4. Conclusion

Los tratamientos evaluados demostraron una alta eficacia en el control de *B. subalternans*, destacándose aquellos con clomazone en dosis altas y sus combinaciones. Los tratamientos T6 (clomazone al 36%, 1,7 L ha⁻¹) y T7 (clomazone al 36%, 2,0 L ha⁻¹) alcanzaron los mayores niveles de control, superior al 94%, al final del periodo de evaluación.

Estos resultados destacan la importancia de seleccionar formulaciones y dosis adecuadas para garantizar un manejo prolongado y efectivo de la maleza. La persistencia de estos tratamientos y su capacidad para mantener un control superior posicionan a clomazone y sus combinaciones como herramientas clave para el manejo sostenible de malezas en sistemas agrícolas intensivos.

MTY, Lorenzetti JB, et al. Monitoring herbicide resistance at four weed species in Paraguay. Nativa. 2024;12(3):524-33. <https://doi.org/10.31413/nat.v12i3.16659>

Alcántara-de la Cruz R, Domínguez-Martínez PA, da Silveira HM, Cruz-Hipólito HE, Palma-Bautista C, Vázquez-García JG, et al. Management of glyphosate-resistant weeds in Mexican citrus groves: chemical alternatives and economic viability. Plants. 2019;8(9):325. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants8090325>

Arce-Barrios AC. Diagnóstico de la Fertilidad de los Suelos de la Región Oriental del Paraguay [Tesis de pregrado]. San

Lorenzo: Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Área de Suelos y Ordenamiento Territorial; 2017.

Banzatto DA, Kronka SN. Experimentação agrícola. Funep; 2013. ISBN: 85-87632-71-X.

Beckie HJ, Busi R, Lopez-Ruiz FJ, Umina PA. Herbicide resistance management strategies: how do they compare with those for insecticides, fungicides and antibiotics? *Pest Manag Sci.* 2021;77(7):3049-56. <https://doi.org/10.1002/ps.6395>

Berger A, McDonald A, Riha S. A coupled view of above and below-ground resource capture explains different weed impacts on soil water depletion and crop water productivity in maize. *Field Crops Res.* 2010;119(2-3):314-21. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.023>

Billore SD. Bio-efficacy Evaluation of Premix formulation of Sulfentrazone + Clomazone against major weeds in soybean [Internet]. *Soybean Research.* 2017;23. Disponible en: <https://ssrd.co.in/wp-content/uploads/2021/01/Soybean-Research-15-2017.pdf#page=27>

Byron M, Treadwell DD, Dittmar PJ. Weeds as reservoirs of plant pathogens affecting economically important crops: HS1335, 9/2019. *EDIS.* 2019;2019(5):7-7.

Evans JA, Tranel PJ, Hager AG, Schutte B, Wu C, Chatham LA, et al. Managing the evolution of herbicide resistance. *Pest Manag Sci.* 2016;72(1):74-80. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ps.4009>

Freitas MAMD, Lins HA, Souza MDF, Carneiro GDOP, Mendonça V, Silva DV. Water deficit on growth and physiological indicators of *Bidens pilosa* L. and *Bidens subalternans* DC. *Rev. Caatinga.* 2021;34(2):388-97. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n215rc>

Gage KL, Krausz RF, Walters SA. Emerging challenges for weed management in herbicide-resistant crops. *Agriculture.* 2019;9(8):180. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture9080180>

Kaur S, Kaur R, Chauhan BS. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. *Crop Prot.* 2018;103:65-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.09.011>

Kudsk P. Optimising herbicide performance. In: *Weed research: expanding horizons.* 2017. p. 149-79. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781119380702.ch6>

Lacerda ALDS, Victoria Filho R, Souza ZMD, Torres JLR. Use of different doses of glyphosate to control invasive plants: *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis*, *Digitaria insularis*, *Ipomoea grandifolia* and *Tridax procumbens*. *Aust J Crop Sci.* 2019;13(4):529-35. Disponible en: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.04.p1432>

López-Ovejero RF, Carvalho SJP, Nicolai M, Abreu AG, Grombone-Guaratini MT, Toledo REB, et al. Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. *Sci Agric.* 2006;63:139-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000200005>

Martínez-Braga R. Clasificación de Niveles de Potasio de los Suelos de la Región Oriental del Paraguay [Tesis de pregrado]. San Lorenzo: Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial; 2011.

Mendes RR, Adegas FS, Takano HK, Silva VFFV, Machado FG, Oliveira RSD. Multiple resistance to glyphosate and imazethapyr in *Bidens subalternans*. *Cienc Agrotec.* 2019;43. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943009919>

Moraes JG, Butts TR, Anunciato VM, Luck JD, Hoffmann WC, Antuniassi UR, et al. Nozzle selection and adjuvant impact on the efficacy of glyphosate and PPO-inhibiting herbicide tank-mixtures. *Agronomy.* 2021;11(4):754. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy11040754>

Pamplona JDP, Souza MDF, Sousa DMM, de Mesquita HC, Freitas CDM, Lins HA, et al. Seed germination of *Bidens subalternans* DC. exposed to different environmental factors. *PLoS One.* 2020;15(5). Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233228>

Pastén M, González V, Espínola C. Clasificación climática del Paraguay utilizando los métodos de Köppen y Thornthwaite [Internet]. San Lorenzo (Paraguay); 2011 [citado 2025 Ene 15]. Disponible en: <http://sdi.cnc.una.py/catbib/documentos/525.pdf>

Rocha-Pereira MR, Marchi S, Martins D. Effect of different herbicides on *Bidens pilosa* and *Euphorbia heterophylla* biotypes resistant to ALS inhibitors. *Biosci J.* 2022;38. Disponible en: <https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-53823>

Silva ACA. Alternativas para o controle químico de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas nas culturas de soja, milho e algodão [dissertação de mestrado]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa; 2020 [citado 2025 Jan 15]. Disponible en: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/29214>

Silva JR, Mendes KF, Karam D. Effect of chemical weed control in the soybean and maize production system in the floristic community in the Cerrado regions of central Minas Gerais state. *Adv Weed Sci.* 2024;42. Disponible en: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/53823>

Singh A, Dhiman N, Kar AK, Singh D, Purohit MP, Ghosh D, et al. Advances in controlled release pesticide formulations: prospects to safer integrated pest management and sustainable agriculture. *J Hazard Mater.* 2020;385:121525. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121525>

Takano HK, Fernandes VN, Adegas FS, Oliveira RS Jr, Westra P, Gaines TA, et al. A novel TIPT double mutation in EPSPS conferring glyphosate resistance in tetraploid *Bidens subalternans*. *Pest Manag Sci.* 2020a;76(1):95-102. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ps.5535>

Takano HK, Fernandes VN, Adegas FS, Oliveira RS Jr, Westra P, Gaines TA, et al. A novel TIPT double mutation in EPSPS conferring glyphosate resistance in tetraploid *Bidens subalternans*. *Pest Manag Sci.* 2020b;76(1):95-102. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ps.5535>

Takeshita V, Mendes KF, Alonso FG, Tornisielo VL. Effect of organic matter on the behavior and control effectiveness of herbicides in soil. *Planta Daninha.* 2019;37:e019214401. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100110>

Zakharova E, Nemykin A. The efficiency of herbicide use patterns in soybean crops in the Amur region of Russia. In: *International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry "Interagromash"; 2022 May.* Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 222-32. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_23