

Control de *Convolvulus arvensis* con Herbicidas Alternativos al Glifosato en Pre-Siembra Bajo Labranza Convencional en Rotación Frijol-Sorgo: Norte de Tamaulipas

Control of *Convolvulus arvensis* with Alternative Herbicides to Glyphosate in Pre-Planting under Conventional Tillage in Bean-Sorghum Rotation: North of Tamaulipas

Ma. Eugenia Cisneros-López^{1†} , Martín Espinosa-Ramírez¹ ,
Miguel Ángel Valdez-Hernández¹ y Rosendo Hernández-Martínez²

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Matamoros-Reynosa km 61. 88900 Río Bravo, Tamaulipas, México; (M.E.C.L.), (M.E.R.), (M.A.V.H.).

[†] Autora para correspondencia: cisneros,maria@inifap.gob.mx; ecl631211@gmail.com

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante km 55. 89610 Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas, México; (R.H.M.).

RESUMEN

La correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L.) es una maleza de hoja ancha de importancia agronómica en el norte de Tamaulipas, especialmente durante el ciclo temprano de los cultivos de sorgo y maíz. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de herbicidas sintéticos alternativos al glifosato para el control de la correhuela perenne en pre-siembra de sorgo, bajo labranza convencional y condiciones de temporal en rotación frijol-sorgo. Se establecieron ensayos en Río Bravo, Tamaulipas, en parcelas de 20 × 300 m (6000 m²) por tratamiento, con aplicaciones el 17 de diciembre de 2021 (O-I, 2021-2022) y el 3 de marzo de 2023 (O-I, 2022-2023). Los herbicidas evaluados (g i.a. ha⁻¹) fueron: glifosato; glifosato + 2,4-D; glufosinato de amonio; glufosinato de amonio + 2,4-D; paraquat; paraquat + 2,4-D; saflufenacil; picloram + 2,4-D; dicamba + 2,4-D; y testigo absoluto. Al final de la evaluación, la correhuela perenne fue la especie dominante, mientras que otras malezas incluyeron *Amaranthus palmeri*, *Helianthus annuus*, *Parthenium hysterophorus* y la perenne *Solanum elaeagnifolium*. La precipitación fue el factor climático con mayor variación entre ciclos, influyendo en la efectividad de los herbicidas. En 2021-2022, el control con glifosato fue regular a medio (76-86%), similar a otros tratamientos; mientras que en 2022-2023, fue pobre a regular (50-75%), superando únicamente al paraquat. Considerando un límite mínimo de efectividad del 87,5% y el costo del tratamiento, los herbicidas hormonales picloram + 2,4-D y dicamba + 2,4-D constituyen las alternativas más eficientes al glifosato para el manejo de la correhuela perenne en cultivos extensivos del norte de Tamaulipas.

Palabras clave: contacto, efectividad, hormonales, sintéticos, sistémicos.

SUMMARY

Field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) is a perennial broadleaf weed of agronomic importance in northern Tamaulipas, particularly during the early growing season of sorghum and maize. The present study aimed to evaluate the efficacy of synthetic herbicides as alternatives to glyphosate for controlling field bindweed prior to sorghum sowing under conventional tillage and rainfed conditions in a bean-sorghum rotation. Trials were established in Río Bravo, Tamaulipas, in plots of 20 × 300 m (6000 m²) per treatment, with applications on December 17, 2021 (O-I, 2021-2022), and March 3, 2023 (O-I, 2022-2023). The herbicides evaluated (g a.i. ha⁻¹) were glyphosate; glyphosate + 2,4-D; glufosinate ammonium; glufosinate



check for
updates

Cita recomendada:

Cisneros-López, M. E., Espinosa-Ramírez, M., Valdez-Hernández, M. A., & Hernández-Martínez, R. (2026). Control de *Convolvulus arvensis* con Herbicidas Alternativos al Glifosato en Pre-Siembra Bajo Labranza Convencional en Rotación Frijol-Sorgo: Norte de Tamaulipas. *Terra Latinoamericana*, 44, 1-15. e2117. <https://doi.org/10.28940/terralatinoamericana.v44i.2117>

Recibido: 23 de octubre de 2025.
Aceptado: 6 de noviembre de 2025.
Artículo. Volumen 44.
Febrero de 2026.

Editor de Sección:
Dr. Luis G. Hernandez Montiel

Editor Técnico:
Dr. David Cristóbal Acevedo



Copyright: © 2026 by the authors.
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ammonium + 2,4-D; paraquat; paraquat + 2,4-D; saflufenacil; picloram + 2,4-D; dicamba + 2,4-D; and an untreated control. At the end of the evaluation period, field bindweed was the dominant species, while other weeds included *Amaranthus palmeri*, *Helianthus annuus*, *Parthenium hysterophorus*, and the perennial *Solanum elaeagnifolium*. Precipitation was the climatic factor showing the greatest variation between cycles, affecting herbicide efficacy. In 2021–2022, glyphosate control was moderate (76–86%), similar to that of other treatments, whereas in 2022–2023 it was poor to moderate (50–75%), surpassing only paraquat. Considering a minimum efficacy threshold of 87.5% and treatment cost, the hormonal herbicides picloram + 2,4-D and dicamba + 2,4-D were identified as the most effective alternatives to glyphosate for managing field bindweed in extensive cropping systems in northern Tamaulipas.

Index words: contact, effectiveness, hormonal, synthetic, systemic

INTRODUCCIÓN

Los herbicidas representan alrededor del 60% de los plaguicidas utilizados en todo el mundo; desde su introducción hace unos 70 años; en ese sentido, el manejo de malezas se basa en los herbicidas sintéticos debido a su eficiencia y beneficios económicos para los agricultores (Duke y Dayan, 2018).

La correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L.) es una maleza exótica de importancia agronómica en varias regiones agrícolas de México, que pertenece a la familia Convolvulaceae (Rzedowski y González, 2023); se encuentra ampliamente distribuida en el Noroeste (Macías *et al.*, 2015); así como en el Noreste de México en estados como Nuevo León y Tamaulipas (Wood *et al.*, 2015). Esta especie es originaria de las regiones mediterráneas de Europa y Asia, aunque ahora tiene distribución mundial (Sosnoskie, Hanson y Steckel, 2020). En el estado de Tamaulipas se reporta en áreas como el Municipio de Ciudad Victoria en una altitud de 200–300 m (Fernández-Puga, Mora-Olivo, McDonald y de la Rosa, 2019). La correhuela perenne en el Norte de Tamaulipas es una maleza de ciclo otoño-invierno en el cultivo de sorgo y maíz, por lo tanto, para evitar daños es necesario mantener libre el cultivo las primeras cuatro semanas (Rosales, 2016). Esta maleza resulta muy competitiva, debido a su capacidad para reproducirse por semillas, raíces y rizomas, los cuales pueden llegar hasta de nueve metros de profundidad, dependiendo del tipo de suelo (Gaskin, Cortat y West, 2023). En esta región las actividades previas a la siembra pueden empezar desde el mes de junio con un desvare o rastra de discos (Montes, 2017; Reyes, 2017) antes de septiembre, el mes más lluvioso (114 mm), según el registro histórico, que corresponde desde el año 1961 al 2007 (Silva, Medina, Ruiz, Díaz y Cano, 2007); por otra parte, antes de la siembra que comprende el periodo del 20 de diciembre al 08 de marzo para el ciclo agrícola de otoño-invierno o temprano (Pecina-Quintero, Díaz-Franco, William-Alanís, Rosales-Robles y Garza-Cano, 2005) y del 01 de agosto al 15 de septiembre para el primavera-verano o tardío (Ramírez, Santillán, Encinia, Fuentes y Castillo, 2014).

El hábito de crecimiento de *Convolvulus arvensis* L., limita el control por medios mecánicos, ya que, durante esta labor se rompen fragmentos de rizomas, lo cual induce la multiplicación vegetativa de plantas con mayor vigor, velocidad de crecimiento; en consecuencia, se incrementa su dispersión sobre el terreno (Teodor, Bogdan, Gheres y Mogosan, 2013). En áreas agrícolas, las escardas frecuentes reducen las reservas de raíces; sin embargo, las infestaciones pueden aumentar con un manejo sin labranza o con labranza reducida (Orloff, Mangold, Miller y Menalled, 2018), incluso en la rotación con cultivos anuales, el grado de control es variable, porque depende del tipo de suelo (Hettinger, Miller, Hubbel y Seipel, 2023).

La primera estrategia para el control químico de esta maleza en el cultivo de sorgo se remonta a las décadas de 1950 y 1960, mediante el uso de herbicidas hormonales de efecto sistémico como dicamba, 2,4-D y picloram (Whitworth, 1964; Agbakoba y Goodin, 1970; Schweizer y Swink, 1971). Posteriormente, se incorporó al manejo el glifosato (Bayat y Zargar, 2020), el cual presenta mayor eficacia cuando se aplica tres semanas antes de la siembra (pre-siembra) (Davis *et al.*, 2018). No obstante, esta maleza presenta tolerancia a ciertos herbicidas (Moretti y Peachey, 2022; Arispe-Vázquez *et al.*, 2023), incluyendo incluso el glifosato (Heap y Duke, 2018).

En el Valle del Yaqui, Sonora, México, esta maleza representa un serio problema debido a su alta infestación en el área agrícola, superior al 50%. Por ello, para el control de la correhuela, la dosis de glifosato oscila entre 1440–2160 g de ingrediente activo ha⁻¹ (Tamayo, 2014). Sin embargo, en otras regiones del mundo, las dosis comúnmente utilizadas varían entre 900–1500 g de ingrediente activo ha⁻¹, aunque estas pueden diferir en función del manejo agronómico del cultivo (Huang *et al.*, 2019).

El glifosato es un herbicida sistémico no selectivo que puede controlar la mayoría de las plantas anuales y perennes; inhibe la síntesis de los aminoácidos aromáticos necesarios para la formación de proteínas en plantas susceptibles (WSSA, 2020). La patente de Monsanto para el glifosato expiró en el año 2000; por lo tanto, otras empresas lo están comercializando en diferentes formulaciones (Hilton, 2012¹). El glifosato domina el mercado de los herbicidas por las siguientes razones: por el sitio objetivo; la capacidad para translocarse en las plantas y la incapacidad de las plantas para metabolizar el herbicida (Battaglin, Meyer, Kuivila, y Dietze, 2014), además por su amplio espectro de control, facilidad de uso y precio bajo (Damalas and Koutroubas, 2024). En México la versión más utilizada de glifosato es el Faena Clásico® de Monsanto (35.6 % en peso equivale a 363 g de ingrediente activo ha⁻¹ L⁻¹). Los 356 g de ingrediente activo ha⁻¹ proceden de sal de potasio N-fosfonometil-glicina con una proporción no menor a 81.61% de glifosato. La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, 2022), tiene un registro vigente de 164 comercializadores del glifosato.

La justificación para identificar herbicidas sintéticos alternativos al glifosato se basa en el Diario Oficial de la Federación con fecha 31 de diciembre de 2020 (SEGOB, 2020), el cual prohibía el uso del herbicida glifosato a partir del 01 de febrero del 2024, en México. Este decreto implicaba, la sustitución gradual del uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada glifosato; así mismo, de los agroquímicos que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles que permitan mantener la producción. En forma posterior se amplió el plazo para la aplicación del decreto hasta el 31 de marzo de 2024. Actualmente, el uso glifosato en México se encuentra en una prórroga por tiempo indefinido. El Incremento de la presión de malezas sin glifosato, la eficacia del control químico y las malezas resistentes o de difícil manejo como *Sorghum halepense*, *Cenchrus echinatus* o *Amaranthus* spp. pueden aumentar su dominancia. Esto genera competencia temprana por agua, luz y nutrientes, reduciendo la eficiencia fisiológica de los cultivos. Dependencia de métodos mecánicos y selectivos, los cuales son menos sostenibles a largo plazo. El laboreo intensivo incrementa la erosión del suelo y las pérdidas de humedad, mientras que los herbicidas alternativos suelen presentar un espectro de control más limitado o una mayor toxicidad ambiental. Asimismo, existe un mayor riesgo de resistencia múltiple, ya que la sustitución inadecuada por productos con distinto modo de acción, pero utilizados de forma intensiva, puede acelerar la selección de biotipos resistentes y complicar aún más la gestión integrada de malezas. Impacto económico. Los costos de producción pueden aumentar entre un 20 y 40% en cultivos extensivos (como maíz o soya), debido a más pasadas de aplicación, mayor uso de combustible y pérdida de rendimiento por interferencia de malezas no controladas.

Considerando los antecedentes. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficacia de herbicidas sintéticos alternativos al glifosato en el control de *Convolvulus arvensis* L. en condiciones de pre-siembra de frijol y sorgo, bajo labranza convencional en el norte de Tamaulipas en una parcela de validación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

La parcela de validación se estableció durante el ciclo O-I 2021-2022 y el ciclo O-I 2022-2023 en el lote C3 (6.0 ha), en pre-siembra al cultivo de sorgo en rotación con frijol, bajo labranza convencional en condiciones de temporal dentro del Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas (CERIB) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (25° 57' 16.9" N, 98° 01' 05.7" O; con 25 m de altitud). Se registraron los datos climáticos durante la aplicación de los tratamientos, así como los promedios mensuales de temperatura (media, máxima y mínima, °C), precipitación (mm) y humedad relativa (%) correspondientes al periodo de evaluación (2021-2023). Además, se realizó el análisis químico del agua del pozo y el análisis físico-químico del suelo del lote C3 en el Laboratorio de Planta, Agua y Suelo de la misma Estación Experimental.

Diseño Experimental

La parcela de validación consistió en la superficie total del lote (6.0 ha). Este tipo de ensayo agrícola se establece para verificar, bajo condiciones reales de campo, los resultados obtenidos previamente en experimentos controlados, como invernadero o parcelas experimentales. El diseño experimental correspondió a un arreglo en franjascon dimensiones de 20 m de ancho por 300 m de largo, equivalentes a 6000 m² por tratamiento.

¹ Hilton, C. W. (2012). Monsanto and the global glyphosate market: Case study. Wiglaf Journal.

Las dimensiones se definieron para facilitar la aplicación de los tratamientos con equipo de aspersión montado en tractor, del tipo comúnmente empleado por los agricultores de la región. Después de la aplicación de los tratamientos. Cada franja se subdividió en siete secciones de 20 × 42 m; las cuales se identificaron con un marcador fijo. Estas divisiones se consideraron repeticiones.

Manejo Agronómico

Las labores agrícolas después de la trilla del sorgo o maíz en la región Norte de Tamaulipas, son importantes para la captación de agua y el manejo de malezas para el ciclo de invierno. En el Cuadro 1, se muestra un registro por año de las labores agrícolas, las cuales se conservan en una bitácora por cada lote del Campo Experimental.

Cuadro 1. Manejo del lote C3 CERIB-CIRNE, Río Bravo Tamaulipas.
Table 1. Management of lot C3 CERIB-CIRNE, Río Bravo Tamaulipas.

Año	Labores
2020	Primer paso de rastra Rotura Segundo paso de rastra Bordeo Riego Surcar Siembra de frijol (31 de agosto y 9 de septiembre) Fertilización (18-46-00) Control mecánico de maleza con dos cultivos a los 15 y 30 después de la siembra Cosecha (diciembre)
2021	Desvare Dos pasos de rastra Control químico de malezas (2 L ha ⁻¹ de glifosato + 1 L ha ⁻¹ 2-4,D) Un paso de campera Tercer paso de rastra En descanso (no se estableció ningún cultivo) Aplicación y conducción de los tratamientos para el control químico de malezas en pre siembra del 17 de diciembre del 2021 al 10 de enero 2022.
2022	Un paso de rastra Uso del subsuelo Segundo paso de rastra Bordeo Siembra de sorgo el 15 febrero (temporal) Cosecha junio-julio
2023	Dos pasos de rastra solamente Aplicación y conducción de los tratamientos para el control de malezas en pre siembra del 03 al 24 de marzo.

En este caso no se tomaron criterios técnicos específicos para validar la preparación del terreno. Estas actividades pueden empezar desde el mes de junio con un desvare o rastra de discos (Montes, 2017; Reyes, 2017) antes de septiembre, el mes más lluvioso (114 mm), por otra parte, el registro histórico, que corresponde desde el año 1961 al 2007 (Silva *et al.*, 2007); , antes de la siembra que comprende el periodo del 20 de diciembre al 08 de marzo para el ciclo agrícola de otoño-invierno o temprano (Pecina-Quintero, *et al.*, 2005) y del 01 de agosto al 15 de septiembre para el primavera-verano o tardío (Ramírez *et al.*, 2014). En el caso de frijol el control de malezas fue mecánico, debido a que no se presentaron malezas de hoja angosta como zacates en lote C3; las cuales son frecuentes durante el ciclo agrícola de primavera-verano, para tal caso, se usa el control químico (Cortinas, 2017).

Conducción de la Evaluación

En la parcela de validación, en la fecha del 12 de diciembre de 2021 (ciclo O-I, 2021-2022) y el 24 de febrero de 2023 (ciclo agrícola O-I, 2022-2023); antes de la aplicación se cuantificó el grado de infestación de la maleza por medio de un marco o cuadrante, con dimensiones de 1 m x 1 m (m²) y los resultados se expresaron en número de plantas m⁻², por especie. Los tratamientos consistieron en herbicidas sintéticos comerciales (Cuadro 2), la dosis por tratamiento se estableció de acuerdo con la etiqueta de cada producto (Esqueda-Esquivel *et al.*, 2025). así mismo, se incluyó el costo por hectárea. Estos tratamientos se aplican o se recomiendan, para el control de malezas de hoja ancha en sorgo y maíz antes de la siembra en el Norte de Tamaulipas. El testigo regional fue el herbicida glifosato y el testigo absoluto sin aplicación de herbicida.

La aplicación de los tratamientos se realizó el 17 de diciembre de 2021 (ciclo agrícola O-I, 2021-2022) y el 03 de marzo de 2023 (ciclo agrícola O-I, 2022-2023). La aplicación de los herbicidas se realizó con un aspersora montada al tractor, con un aguilón de 10 metros de ancho, con 21 boquillas de abanico plano 8003, así como una presión de salida de 2.75 bars y un volumen de aspersión de 230 L ha⁻¹.

La evaluación del efecto del herbicida sobre la población de malezas se hizo a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (DDA); por medio de la escala visual propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (Metcalfe, *et al.*, 2023) para estimar visualmente el control de la maleza (Cuadro 3); conforme a la expresión de los síntomas externos de toxicidad del herbicida sobre las plantas, los cuales dependen del herbicida.

El síntoma característico del glifosato en la correhuela es la clorosis internerval ascendente seguida de necrosis total sin rebrote inmediato (Zhou, Luo, Chen, Zhang y Gao, 2020). El daño por glufosinato se caracteriza por necrosis rápida y localizada, sin la clorosis progresiva ni la translocación descendente típica del glifosato.

Cuadro 2. Tratamientos para el control químico de correhuela. Río Bravo, Tam. O-I 2021-2022; O-I, 2022-2023.
Table 2. Treatments for chemical control of bindweed. Río Bravo, Tam. A-W, 2021-202; A-W, 2022-2023.

Tratamiento	Herbicida	Tipo	Dosis
			g i.a. ha ⁻¹
T1	glifosato	Sistémico no selectivo, hoja ancha y angosta	726
T2	glifosato+2,4-D		300+479
T3	glufosinato de amonio	Semi sistémico no selectivo, hoja ancha y angosta	300
T4	glufosinato de amonio+2,4-D		300+479
T5	paraquat	Contacto no selectivo, hoja ancha y angosta	400
T6	paraquat+2,4-D		200+479
T7	saflufenacil	Sistémico no selectivo, hoja ancha	42
T8	picloram+2,4-D (	Sistémico hormonal selectivo, hoja ancha	64+240
T9	dicamba+2,4-D	Sistémico hormonal selectivo, hoja ancha	120+240
T10	testigo absoluto	Sin herbicida	0

T = Tratamiento. Número indica el herbicida.

T = Treatment. The number indicates the herbicide.

Cuadro 3. Escala visual propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo por herbicidas.
Table 3. Visual scale proposed by the European Weed Research Society (EWRS) to evaluate weed control and phytotoxicity to crops by herbicides.

Valor	Control de maleza	Efecto sobre la maleza
	(%)	
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

En *C. arvensis*, el control visual puede ser alto en el follaje, pero la regeneración subterránea es común si no se repite el tratamiento o se combina con prácticas complementarias (Zhou *et al.*, 2020). En el caso de la adición del herbicida 2,4-D al glifosato y glufosinato de amonio, es para incrementar la efectividad. El daño por paraquat se manifiesta por necrosis súbita y generalizada del follaje expuesto (Aliverdi, Ahmadvand, y Emami, 2020), sin movimiento hacia órganos subterráneos; por ser un herbicida de contacto. En *C. arvensis*, el control visual es rápido y aparente, pero el rebrote es común si no se complementa con prácticas de control mecánico o secuencial. El daño de los herbicidas hormonales como: picloram + 2,4-D y dicamba + 2,4-D en *C. arvensis* se caracteriza por distorsión, curvatura y engrosamiento de tallos y hojas, seguido de clorosis y necrosis progresiva. A diferencia de los herbicidas de contacto, el picloram se mueve por toda la planta, afectando los tejidos subterráneos y logrando un control más duradero sobre esta maleza perenne (Bayat y Zargar, 2020). La forma de evaluación se realizó por un equipo de cuatro evaluadores en forma conjunta, previamente capacitados en ensayos previos.

Se tomaron siete puntos de muestreo (representaron dos metros cuadrados de superficie), equidistantes por tratamiento para cuantificar el daño a la maleza, los cuales se utilizaron como repeticiones.

El agua que se utilizó para asperjar fue la del pozo con 3.66 dS m⁻¹ (CE); 5.64 (pH); los niveles Na⁺ fueron 24.10 me L⁻¹ o 554 mg L⁻¹; la concentración de aniones fue: 3.29, 5.48, 24.0 y 3.5 me L⁻¹, los cuales corresponden a carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. En cuanto a los cationes, tuvo: 5.28, 6.82, 24.1 y 0.07 me L⁻¹ de Ca, Mg, Na y K, respectivamente. De acuerdo con los parámetros analizados, la calidad en términos químicos se considera de moderada dureza (Cortés-Jimenez *et al.*, 2009); debido a estos resultados se adhirió el acidificante, penetrante y antiespumante (DAP Plus®) con una dilución del 0.1% v/v (1 ml L⁻¹ por litro de agua). El coadyuvante se empleó para mejorar la eficacia de los herbicidas, actuando como acondicionador de agua, acidificante y agente surfactante (Penner, 1989). Su formulación, a base de fosfato diamónico y tensioactivos no iónicos, aporta iones amonio que favorecen la penetración foliar y reducen la inactivación del ingrediente activo por cationes del agua dura; además, disminuye el pH de la mezcla, mejora la humectación y la retención de las gotas sobre el follaje. Para los herbicidas auxínicos (p. ej.: picloram), cuyo modo de acción es similar a las auxinas naturales, se esperan síntomas de distorsión foliar (enrollamiento), torsión de tallos y clorosis progresiva; estos compuestos suelen beneficiarse más de adyuvantes oleosos o surfactantes que incrementen la absorción y translocación sistémica (Sobiech, 2020). En el caso del glifosato, inhibidor de la EPSPS y de acción sistémica, la adición de fuentes de amonio en la mezcla (como las de DAP) mejora la absorción y puede aumentar la eficacia, mientras que la velocidad de aparición de síntomas (clorosis seguida de necrosis y colapso foliar) es generalmente más lenta que en herbicidas de contacto (Palma-Bautista *et al.*, 2020). Se registró la compatibilidad de las mezclas con las dosis empleadas y se siguieron las indicaciones de etiqueta para evitar fitotoxicidad o pérdida de eficacia por incompatibilidades.

El ensayo se realizó en una parcela de validación bajo condiciones reales de campo. Dado el método de aplicación con aspersora de tractor y aguilón de 10 m, no fue posible efectuar una aleatorización completa de los tratamientos, por lo que no se aplicó un ANOVA. En su lugar, se emplearon pruebas t de Student para comparar el testigo regional (T1) con los tratamientos del T2 al T10, considerando las limitaciones del diseño y el carácter confirmatorio del estudio. El análisis estadístico se efectuó con el paquete SAS versión 9.4 (SAS, 2016). Los datos de control de maleza se transformaron mediante la función arcoseno de la raíz cuadrada de $X/100$ para homogeneizar las varianzas; sin embargo, los valores presentados en los cuadros corresponden a las medias de los datos originales. Asimismo, con base en el precio unitario de los herbicidas, se calculó la diferencia porcentual de precio (DFP) respecto al glifosato.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físico-Químicas del Suelo

El suelo de parcela tiene una textura areno-arcilloso es decir de media a pesada; con respecto a sus características físico químicas, durante las dos evaluaciones en los ciclos agrícolas O-I, 2021-22 y O-I, 2022-23 fueron las siguientes: M.O (1.85 y 1.96%), pH (7.8 y 7.13), CE (0.73 y 0.83 dSm⁻¹); mientras, que la concentración de los macronutrientes y micronutrientes (mg kg⁻¹) fueron: N inorgánico (14.41 y 16.93), P (11.26 y 13.69) y K (686 y 750); Fe (0.303 y 0.380), Cu (1.12 y 1.64), Zn (0.817 y 0.945), Mn (2.10 y 2.39), Ca (24.09 y 33.19), Mg (21.29 y 29.43) y Na (278.88 y 217.81); por otra parte, la concentración de sales (meq L⁻¹) fue para carbonatos: (Ca(HCO₃)₂) de 1.53 y 1.11 y para CaCO₃ fue de cero durante ambas evaluaciones, en el caso de los cloruros de 2.22 y 3.92 y sulfatos de 11.39 y 12.20. En resumen, los suelos presentaron pH ligeramente alcalino (7.1-7.8), baja salinidad (CE < 1 dS m⁻¹) y contenido medio de materia orgánica (1.9%). El potasio fue alto, mientras que nitrógeno y fósforo se clasificaron como medios. Los micronutrientes resultaron adecuados, sin indicios de deficiencia ni toxicidad.

Condiciones Climáticas

La inclusión del registro de las variables climáticas en esta evaluación tuvo como propósito evidenciar las diferencias existentes entre ambos ciclos agrícolas. Durante dichos ciclos, la temperatura mostró un patrón similar, con un descenso gradual hacia el final del periodo, mientras que la precipitación presentó un comportamiento más irregular, alternando meses secos con otros más lluviosos. La humedad relativa se mantuvo comparativamente alta en ambos ciclos. Estas condiciones climáticas pudieron influir en la absorción y eficacia de los herbicidas aplicados sobre las malezas, especialmente durante marzo de 2023.

Previo a la aplicación de los tratamientos (17 de diciembre de 2022), la precipitación acumulada entre septiembre y diciembre fue de 105.6 mm (PP1) en el ciclo otoño-invierno 2021-2022 (Cuadro 4). En el mismo periodo del año siguiente (septiembre-diciembre de 2022) se registraron 219.1 mm, es decir, un 52% más. Particularmente en noviembre de 2022 se observaron 95 mm de precipitación, tres veces más que el promedio histórico de 32.5 mm reportado por Silva *et al.* (2007), alcanzando un total de 264.7 mm (PP2) antes de la aplicación realizada el 3 de marzo de 2023 (Cuadro 4). Esta condición provocó un retraso en la aplicación respecto al ciclo anterior.

Posteriormente, durante los 28 días de evaluación de la eficacia de los herbicidas en ambos ciclos, se presentaron lluvias invernales características de la región norte de Tamaulipas. En el primer ciclo (2021-2022) la precipitación acumulada fue de 60.1 mm (PP2), mientras que en el segundo ciclo alcanzó los 90 mm (PP2). Landau *et al.*, (2025) indican que la precipitación diez antes y después de la aplicación es un predictor importante que puede afectar el grado de control químico, pero varía según la especie de maleza y el herbicida; así mismo, las condiciones más secas antes de la aplicación de herbicidas postemergentes reducen la probabilidad de un control exitoso ($\geq 85\%$).

Las condiciones ambientales óptimas para una aplicación con herbicidas se pueden considerar lo siguiente: humedad relativa superior al 55 %, velocidad del viento hasta 12 km·h⁻¹; temperatura inferior a 30 °C (da Cunha, Pereira, Barbosa y da Silva, 2016). Durante la aplicación los días 17 de diciembre de 2021 y el 03 de marzo de 2023 se registró temperatura de 21.7 °C y 23.6 °C; humedad relativa de 87 % y 79 % respectivamente; las cuales se consideran dentro de un rango aceptable; mientras que la velocidad del viento fue de 22.5 km h⁻¹ y 19.3 km h⁻¹; la cual no se considera restrictiva, ya que se usaron para la aplicación boquillas anti deriva (abanico plano 8003).

Cuadro 4. Registro de temperatura, humedad relativa y precipitación. Río Bravo, Tamaulipas, México. CERIB-INIFAP, 2021-2023.
Table 4. Record of temperature, relative humidity and precipitation. Río Bravo, Tamaulipas, Mexico. CERIB-INIFAP, 2021-2023.

Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero				
Ciclo O-I, 2021-2022	2021				2022				
Temperatura (°C)									
Máxima	35.07	33.8	29.3	29.7	25.4	-	-	-	-
Media	28.8	27.0	23.4	24.0	19.8	-	-	-	-
Mínima	25.9	23.2	20.5	21.7	17.1	-	-	-	-
Precipitación (mm)	49.0	7.4	24.6	24.6	35.5	-	-	105.6	60.1
Humedad Relativa (%)	69.0	68.4	76.2	82.0	74.5	-	-	-	-
Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo		
Ciclo O-I, 2022-2023	2022				2023				
Temperatura (°C)									
Máxima	34.2	32.2	27.2	26.9	24.8	25.4	27.0	-	-
Media	28.1	26.1	22.3	21.6	18.5	18.8	20.5	-	-
Mínima	25.6	20.9	20.4	19.4	13.7	14.1	15.3	-	-
Precipitación (mm)	97.2	6.6	95.0	20.3	22.84	22.8	90.0	264.7	90.0
Humedad Relativa (%)	72.3	63.1	78.5	74.3	71.4	68	71.7	-	-

PP1 = precipitación que se acumuló previo a la aplicación de tratamientos; PP2 = precipitación que se acumuló después de 28 días posteriores a la aplicación de los herbicidas.

PP1 = precipitation that accumulated prior to the application of treatments; PP2 = precipitation accumulated over the 28-day period following herbicide application.

Densidad de la Maleza

Las malezas presentes (O-I, 2021-2022) antes de la aplicación de los tratamientos fueron: amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.), quelite (*Amaranthus palmeri*) y polocote (*Helianthus annuus* L.) con 50, 25 y 17 plantas m⁻² respectivamente; así como las malezas perennes: correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L.) y trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) con ocho y dos plantas m⁻² respectivamente. Mientras que para el ciclo O-I, 2022-2023, solo estuvieron presentes dos especies correspondientes a las malezas perennes: el trompillo y la correhuela con tres y 16 plantas m⁻² respectivamente. En el caso de la correhuela la longitud de la guía fue de 15 a 20 cm, etapa de crecimiento vegetativo; esta condición fue similar en ambos ciclos agrícolas. Las malezas de la parcela de validación representan la diversidad típica de los sistemas agrícolas de la región (Rosales-Robles, Sánchez-de la Cruz y Cerda-García, 2011). La respuesta a los herbicidas varía entre especies, cada una presenta características únicas, tanto morfológicas, fisiológicas y de susceptibilidad al ingrediente activo. Por eso el grado de efectividad con un herbicida se realiza de manera específica e independiente para cada especie (Esqueda-Esquivel *et al.*, 2025), no puede generalizarse a una de comunidad de malezas. Este enfoque permite identificar con mayor precisión la eficacia diferencial de los tratamientos aplicados, sobre la maleza objetivo, que en este caso fue la correhuela.

En la conducción de esta evaluación se registró baja diversidad de especies de malezas que infestaron el terreno, esta tendencia es común en los sistemas de producción extensivos (Storkey y Neve, 2018); lo que concuerda con este estudio ya que se observó una reducción durante el ciclo O-I, 2022-2023, las únicas especies presentes fueron las dos especies de malezas perennes: *C. arvensis* y *S. elaeagnifolium*, así mismo, la cantidad de plantas de correhuela aumento casi el doble; mientras que el trompillo se mantuvo casi sin cambios.. Lo anterior, es debido a la larga viabilidad de las semillas (Xiong *et al.*, 2018) y las reservas de fotoasimilados de rizomas y raíces, por lo tanto, se deben utilizar repetidas medidas de control químicos y mecánicos (Davis *et al.*, 2018), lo cual, se realizó en el lote C3 desde el año 2020 hasta el mes de marzo del año 2023; sin embargo, la *C. arvensis* se estableció mejor en el terreno, porque desplazó otras malezas.

La correhuela perenne tiene capacidad biológica de competir, usando estrategias como exudar compuestos alelopáticos contra malezas nativas (Orloff *et al.*, 2018), como ocurrió en este estudio con *P. hysterophorus*, *H. annuus*, *A. palmeri*, *C. arvensis* y *S. elaeagnifolium*, malezas nativas de esta región de México (CONABIO, 2024).

La competencia no se evaluó en forma directa, la reducción en el número de especies entre ciclos sugiere un proceso de competencia interespecífica, en el que las anuales fueron desplazadas por las perennes (*C. arvensis* y *S. elaeagnifolium*), debido a sus estructuras subterráneas persistentes de reserva con capacidad para rebrotar. Al respecto, se menciona que la aplicación de herbicidas como el glifosato solo o en combinación con otros herbicidas, no previenen el restablecimiento al siguiente año en malezas perennes de la familia Convolvulaceae (Ribeiro et al., 2015). Incluso bajo un esquema de labranza convencional, se induce la multiplicación vegetativa de plantas con mayor vigor, velocidad de crecimiento; en consecuencia, se incrementa su dispersión sobre el terreno (Teodor et al., 2013).

Control de Correhuela Perenne a Herbicidas en el O-I, 2021-2022

Los resultados de la evaluación en correhuela indicaron que el glifosato tuvo un control de regular a medio (76 a 86 %), hasta los 28 DDA (Cuadro 5); en comparación con el glufosinato de amonio y paraquat solos o en combinación con el 2,4-D y el saflufenacil no tuvieron diferencias significativas en la mayoría de las evaluaciones a excepción de paraquat que mostro diferencias ($p \leq 0.05$) a los 28 DDA.

En comparación con los herbicidas hormonales, T8 (41 %) y T9 (53 %), el tratamiento con glifosato (T1 = 76 %) fue estadísticamente superior ($p \leq 0.01$) en la primera evaluación (7 DDA), mostrando una mayor eficacia inicial en el control de la correhuela. Sin embargo, a partir de los 14 DDA, las diferencias entre tratamientos dejaron de ser significativas, lo que sugiere una disminución progresiva de la respuesta diferencial entre herbicidas conforme avanzó el tiempo. Al finalizar la evaluación (28 DDA), se observó que ningún tratamiento superó al glifosato en términos estadísticos (Cuadro 5). En términos agronómicos un nivel de control debe ser, superior o igual al 85 % (Landau et al., 2025) los mejores tratamientos fueron glifosato + 2,4-D (T2 = 97 %) y dicamba + 2,4-D (T3 = 95 %), ambos con efectos biológicos sostenidos y visualmente mayores niveles de necrosis y defoliación en la maleza. En términos prácticos, los resultados indican que las combinaciones de herbicidas hormonales con glifosato ofrecen un control más prolongado, aunque el costo de tratamiento debe considerarse como segundo criterio de decisión (Cuadro 5). En este caso al precio que se cotizó para el ciclo agrícola 2021-2022 en la región norte de Tamaulipas, sería el glifosato + 2,4-D (204.9 \$ ha⁻¹), resulta la mejor opción en relación al costo beneficio.

Cuadro 5. Control de correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L.). CERIB-INIFAP: Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo agrícola O-I, 2021-2022.
Table 5. Control of bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). CERIB-INIFAP: Río Bravo, Tamaulipas. A-W agricultural cycle, 2021-2022.

Tratamientos	DDA (%)				Costos	DFP
	7	14	21	28		
					\$ ha ⁻¹	%
T1	76	83	86	86	375.0	0
T2	90 vs 76 ns	93 vs 83 ns	95 vs 86 ns	97 vs 86 ns	204.9	-45.4
T3	94 vs 76 ns	98 vs 83 ns	93 vs 86 ns	89 vs 86 ns	596.0	+58.9
T4	94 vs 76 ns	97 vs 83 ns	87 vs 86 ns	87 vs 86 ns	681.0	+81.6
T5	90 vs 76 ns	90 vs 83 ns	80 vs 86 ns	65 vs 86*	264.0	-29.6
T6	98 vs 76 ns	93 vs 83 ns	85 vs 86 ns	80 vs 86 ns	348.9	-7.0
T7	94 vs 76 ns	93 vs 83 ns	90 vs 86 ns	88 vs 86 ns	486.7	+29.8
T8	41 vs 76**	80 vs 83 ns	83 vs 86 ns	88 vs 86 ns	390.0	+4.0
T9	53 vs 76**	84 vs 83 ns	90 vs 86 ns	95 vs 86 ns	295.4	-21.2
T10	0 vs 76**	0 vs 83**	0 vs 86**	0 vs 86**	0.0	0

T = tratamiento; el número indica el herbicida; T1 = glifosato; T2 = glifosato+2,4-D; T3 = glufosinato de amonio; T4 = glufosinato de amonio+2,4-D; T5 = paraquat; T6 = paraquat+2,4-D; T7 = saflufenacil; T8 = picloram+2,4-D; T9 = dicamba+2,4-D; T10 = testigo absoluto; DDA = días después de la aplicación; actualización de los costos solo del herbicida = 19-08-21; DFP = diferencia del precio con respecto al glifosato; significancia estadística **($p \leq 0.001$); *($p \leq 0.01$); ns = no significativa con la prueba t de Student.

T = treatments; the number indicates the herbicide; T1 = glyphosate; T2 = glyphosate+2,4-D; T3 = glufosinate ammonium; T4 = glufosinate ammonium+2,4-D; T5 = paraquat; T6 = paraquat+2,4-D; T7 = saflufenacil; T8 = picloram+2,4-D; T9 = dicamba+2,4-D; T10 = absolute witness; DDA = days after application; herbicide only cost update = 08-19-21; DFP = price difference with respect to glyphosate; statistical significance **($p \leq 0.001$); *($p \leq 0.01$); ns = not significant with Student's t test.

El paraquat fue el caso contrario; el precio del tratamiento fue de 264.0 \$ ha⁻¹. El precio del tratamiento tuvo control suficiente (90 %) los primeros 14DDA, posteriormente empezó a recuperarse y disminuyó el control hasta llegar al 65 % a los 28DDA, el cual se consideró pobre, por lo tanto en relación al costo beneficio no fue una buena opción. La razón principal por que se seleccionó un herbicida de contacto, como el paraquat para el control de esta maleza, es por su eficacia, acción rápida, que se utiliza ampliamente para el control de las malezas (Ghaderpoori *et al.*, 2020); disponible en el mercado nacional y regional; además por su precio.

Control de Correhuela Perenne a Herbicidas en el O-I, 2022-2023

En el ciclo O-I, 2022-2023, los resultados de la evaluación indicaron (Cuadro 6) que a los 7 DDA todos los tratamientos T2 al T7 mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) respecto al glifosato (T1), con niveles de control de 77 a 90%, clasificados como regulares a suficientes según la escala visual de la EWRS. En contraste, el glifosato presentó un control pobre (50%). Por otro lado, los herbicidas hormonales (T8 y T9) no difirieron significativamente del glifosato, y su control fue de pobre a muy pobre, de modo que el glifosato los superó en eficacia a esa fecha.

Es importante considerar como actúan los herbicidas; ya que el glufosinato de amonio; principalmente lo hace como herbicida de semi sistémico, por lo tanto, tiende a funcionar muy rápidamente, entre dos a tres días, mientras que los herbicidas sistémicos como el glifosato; muestran mayor efectividad a partir de los 14 DDA (Smith, 2018); además herbicidas tales como el paraquat dañan el tejido vegetal al momento del contacto; mientras que los herbicidas hormonales o sistémicos; como el 2,4-D, dicamba o picloram solos o en combinación se absorben y translocan en la planta, por lo cual el tiempo para que se manifiesten los síntomas del daño es mayor (Sherwani, Arif y Khan, 2015).

En cuanto a los 14 DDA el herbicida con mayor control fue glufosinato de amonio + 2,4-D y glifosato + 2,4, D con control suficiente (91% y 90%), sin embargo, a los 21 DDA el herbicida glifosato + 2,4, D fue con buen control del 96%. Al final de la evaluación los herbicidas con mayor eficiencia fueron Glifosato + 2,4, D (97 %), seguida de picloram + 2,4-D (92%), glufosinato de amonio + 2,4, D (90%) y dicamba + 2,4-D (88%) , valores que según la EWRS oscilan de control suficiente a muy buen control, los cuales, pueden ser seleccionados para un buen manejo de herbicidas en predios con problemas de correhuela perenne, sin embargo, es necesario contemplar factores de los costos de cada herbicida, así, como la combinación o mezcla en los ingredientes activos de cada producto. En ese sentido, desde un punto de vista económico, con relación al costo de los tratamientos para el ciclo agrícola O-I, 2022-2023 (Cuadro 6) se puede recomendar los herbicidas hormonales dicamba + 2,4-D; ya que presenta con un control suficiente (88%), a partir del 14 DDA con un costo de 25.7% menor que el glifosato; por otra parte, el picloram + 2,4-D, presentó un control lento en los primeros 14 DDA, pero al final de la evaluación el control fue suficiente (92%), con un costo 31.7% menor al glifosato.

La búsqueda de herbicidas sustitutos al glifosato en México y en el mundo, tiene efecto en las variaciones del costo de los tratamientos sobre todo a partir del año 2020, con el anuncio de la prohibición en México, como se observó en estos resultados. Los precios pueden fluctuar dependiendo de la presentación del producto, época del año y proveedor y disponibilidad en la zona; para esta evaluación se utilizó un mismo proveedor.

Los resultados entre ambos ciclos agrícolas mostraron que la efectividad del glifosato fue diferente, sobre todo en los primeros 7 DDA. En el ciclo O-I, 2021-2022, el control fue de regular a un control medio (76 a 86%) a los 28 DDA, por otra parte, en el ciclo O-I, 2022-2023, durante ese mismo periodo de tiempo fue de pobre a regular (50 a 75%); se considera un buen control, cuando el rango oscila entre 93.0 a 96.5% (Metcalf *et al.*, 2023). Los antecedentes muestran que la correhuela perenne, es una maleza problemática con tolerancia al glifosato (Heap y Duke, 2018). Esta respuesta puede ser atribuida a la resistencia natural o tolerancia inherente se refiere a la capacidad que poseen algunas especies de malezas, para sobrevivir a la aplicación de glifosato sin haber estado previamente expuestas de manera continua al herbicida (Vencill, *et al.*, 2012). Esta tolerancia está asociada a características fisiológicas y moleculares propias de la especie, tales como *C. arvensis*, tienen baja translocación del glifosato hacia los puntos de crecimiento y una limitada absorción foliar, lo que reduce su eficacia incluso en plantas no seleccionadas por presión de uso. (Huang *et al.*, 2019). Otro aspecto que influye en el control de esta maleza; cuando se usan herbicidas sistémicos; es la velocidad con que se desplaza el ingrediente activo por el sistema vascular; la cual está relacionada con el crecimiento activo de la planta (Vats, 2014); es decir que los resultados de esta evaluación mostraron que las condiciones fueron diferentes. En informes previos se reporta la existencia de susceptibilidad diferencial entre biotipos (Degennaro y Weller, 1984). De acuerdo, con Huang *et al.* (2019) para lograr el control completo de *C. arvensis* se debe aplicar al menos el doble de la dosis de glifosato; sin embargo, esta tasa de aplicación aumentará la presión de selección y la posibilidad de generar resistencia, además genera un aumento en los costos de producción.

Cuadro 6. Control de correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L.). CERIB-INIFAP: Río Bravo, Tamaulipas. O-I, 2022-2023.
Table 6. Control of bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). CERIB-INIFAP: Río Bravo, Tamaulipas. A-W, 2022-2023.

Tratamiento	7	DDA 14	21	28	Costo	DFP
		%			\$ ha ⁻¹	%
T1	50	63	70	75	437.5	0.0
T2	77 vs 50**	90 vs 63**	96 vs 70**	97 vs 75*	453.8	+3.7
T3	88 vs 50**	88 vs 63**	89 vs 70*	76 vs 75 ns	947.4	+116.5
T4	90 vs 50**	91 vs 63**	91 vs 70*	90 vs 75 ns	1421.0	+224.8
T5	89 vs 50**	54 vs 63ns	42 vs 70 ns	37 vs 75***	254.7	-41.8
T6	88 vs 50**	85 vs 63**	78 vs 70ns	66 vs 75 ns	358.5	-18.1
T7	85 vs 50**	72 vs 63 ns	64 vs 70 ns	61 vs 75 ns	690.0	+57.7
T8	34 vs 50 ns	67 vs 63 ns	89 vs 70*	92 vs 75*	299.0	-31.7
T9	57 vs 50 ns	88 vs 63**	88 vs 70*	88 vs 75 ns	325.0	-25.7
T10	0 vs 50**	0 vs 63**	0 vs 72***	0 vs 75***	0.0	0.0

T = tratamiento; el número indica el herbicida; T1 = glifosato; T2 = glifosato+2,4-D; T3 = glufosinato de amonio; T4 = glufosinato de amonio+2,4-D; T5 = paraquat; T6 = paraquat+2,4-D; T7 = saflufenacil; T8 = picloram+2,4-D; T9 = dicamba+2,4-D; T10 = testigo absoluto; DDA = días después de la aplicación; actualización de los costos solo del herbicida = 30-05-2023; DFP = diferencia del precio con respecto al glifosato; significancia estadística *** = ($p \leq 0.0001$); ** = ($p \leq 0.001$); * = ($p \leq 0.01$); ns = no significativa con la prueba t de Student.

T = treatments; the number indicates the herbicide; T1 = glyphosate; T2 = glyphosate+2,4-D; T3 = glufosinate ammonium; T4 = glufosinate ammonium+2,4-D; T5 = paraquat; T6 = paraquat+2,4-D; T7 = saflufenacil; T8 = picloram+2,4-D; T9 = dicamba+2,4-D; T10 = absolute witness; DDA = days after application; update on herbicide-only costs = 05-30-2023; DFP = price difference with respect to glyphosate; statistical significance *** = ($p \leq 0.0001$); ** = ($p \leq 0.001$); * = ($p \leq 0.01$); ns = not significant with Student's t test.

Una estrategia para mejorar la efectividad del glifosato es adicionar el herbicida hormonal 2,4-D (Meyer y Norsworthy, 2019), como se observó en esta evaluación, el grado de control se considera agrónomicamente viable, con mayor nivel durante el ciclo agrícola O-I, 2021-2022 (90 a 97%), con respecto al O-I, 2022-2023 (77 a 97%); esta combinación de herbicidas ayudaría incluso a bajar la dosis del glifosato; ya que en México en alta infestación se llegan a usar hasta 1440 a 2160 g i.a. ha⁻¹ (Tamayo, 2014), es decir que al adicionar 2,4-D, la reducción potencial sería entre 4.8 a 7.2 veces menos ingrediente activo. Sin embargo, algunos autores mencionan que el control de correhuela con herbicidas sistémicos no es consistente a lo largo del año; ya que puede variar con el flujo de asimilados sobre el sistema radicular (Sosnoskie *et al.*, 2020).

El efecto en *C. arvensis* depende de la cantidad de herbicida que se pueda movilizar entre los órganos de la planta, para matar las raíces y los brotes de las raíces, cabe hacer mención; que el efecto del herbicida puede variar mucho debido a las condiciones ambientales (Bean, 2022); ya que estas influyen en la absorción, translocación, metabolismo y la sensibilidad de la planta al herbicida para alcanzar efectividad biológica (Mendes, Mielke, D'Antonino y da Silva, 2022); en caso del glifosato en *C. arvensis* es un proceso complejo (Westwood, Yerkes, De Gennaro y Weller, 1997); el cual puede estar asociado con la velocidad de translocación del herbicida después de la aplicación entre las hojas y raíz; ya que las especies tolerantes, lo retienen más tiempo en follaje, como ocurre en Ipomoea nil o campanilla morada de la familia Convolvulaceae (Galón, *et al.*, 2013). Una de las posibles causas de estas diferencias en esta evaluación entre ciclos agrícolas, puede ser atribuida a la precipitación que se registran previas y durante el ensayo, durante el ciclo 2022-2023, como ya se mencionó en párrafos anteriores; que dadas las características de textura de suelo tipo arcillo-arenoso, favoreció la disponibilidad de agua para mantener a la correhuela vigorosa; ya que es una maleza perenne cuyos rizomas, juegan un papel importante en su ciclo de vida (Gaskin *et al.*, 2023); así mismo, la adsorción de glifosato está influenciada por las propiedades físico-químicas de los suelos (Okada, Costa y Bedmar, 2016).

Los resultados de esta evaluación mostraron que esta condición influyó más en el tratamiento solo con glifosato. Para mejorar la eficacia del glifosato en malezas con tolerancia natural, se recomienda aplicar coadyuvantes como sulfato de amonio o aceites vegetales que favorecen su absorción. Las aplicaciones deben realizarse en etapas tempranas y bajo condiciones ambientales óptimas. Además, combinar o rotar herbicidas con distintos modos de acción y ajustar el pH y volumen del agua ayuda a optimizar el control y evitar fallas en el manejo (Palma-Bautista *et al.*, 2020). Los herbicidas de contacto como el paraquat dañan el tejido en forma superficial, por lo tanto, el control se logra a corto plazo (Davis *et al.*, 2018), incluso si se agrega 2,4-D, al final de la evaluación 28 DDA, la efectividad inicial se perdió, porque se recuperaron las plantas (T5-T6).

Los tratamientos que presentaron una respuesta estable con un control suficiente de esta maleza fueron: Glufosinato más la adición del 2,4-D (T4), dicamba y picloram, se incluye el 2,4-D (T8-T9). El saflufenacil se utiliza en pre siembra, de acción rápida (Gao *et al.*, 2024) en comparación a los demás herbicidas como se observó en esta evaluación durante el ciclo O-I, 2021-2022 el control fue suficiente; desde los primeros 7 DDA, hasta el final de la evaluación; lo cual no ocurrió en el O-I, 2022-2023, ya que la eficiencia disminuyó de 85 a 61% en el mismo periodo de tiempo, el cual se considera un control de medio a pobre. Knezevic, Datta, Scott y Charvat (2009) reportan información sobre la eficacia del saflufenacil y el efecto de los coadyuvantes en distintas especies, incluida *C. arvensis*. Sin embargo, los resultados se presentan como valores promedio bajo condiciones controladas, sin detallar variaciones entre años o ciclos agrícolas, por lo que no permite evaluar posibles fluctuaciones en la efectividad del herbicida debidas a factores ambientales o de manejo en campo. Al igual que el saflufenacil, el glufosinato de amonio es de uso reciente en los sistemas de producción extensivos (Gao *et al.*, 2024; Zhou *et al.*, 2020), sin embargo, en México no existe experiencia práctica en comparación, con 2,4-D, dicamba, picloram y glifosato en el manejo de esta maleza (Rosales, 2016; Tamayo, 2014).

CONCLUSIÓN

Considerando el límite mínimo de efectividad aceptable y los costos asociados, los herbicidas hormonales picloram + 2,4-D y dicamba + 2,4-D fueron las alternativas más eficientes para el control de correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L.) en condiciones de pre-siembra de frijol y sorgo bajo labranza convencional en el norte de Tamaulipas. Además, las variaciones climáticas entre ciclos agrícolas demostraron influir en la eficacia del control, lo que resalta la importancia de ajustar las estrategias de manejo de herbicidas según las condiciones ambientales de cada temporada.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

Al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento del proyecto con número de SIGI 1255536716 "Alternativas al uso del glifosato para el control de maleza en México".

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: M.E.R. y M.A.V.H.; Metodología: M.E.R.; Software: M.E.C.L.; Validación: M.E.R. y M.A.V.H.; Análisis formal: M.E.C.L.; Investigación: M.E.R. y M.E.C.L.; Recursos: M.E.R.; Curación de datos: M.E.C.L.; Escritura - preparación del borrador original: M.E.C.L.; Escritura - revisión y edición: M.E.R., M.A.V.H. y R.H.M.; Visualización: M.E.R.; Supervisión: M.E.R. y R.H.M.; Administración del proyecto: M.E.R.; Adquisición de fondos: No aplica.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Al Dr. Enrique Rosales Robles por su valioso apoyo, el cual resultó muy importante para esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Agbakoba, C. S. O., & Goodin, J. R. (1970). Picloram enhances 2, 4-D movement in field bindweed. *Weed Science*, 18(1), 19-21. <https://doi.org/10.1017/S0043174500077250>
- Aliverdi, A., Ahmadvand, G., & Emami, N. B. (2020). Weed control of glufosinate, oxyfluorfen, and paraquat as affected by the application time of day. *Planta Daninha*, 38, e020221613. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100069>
- Arispe-Vázquez, J. L., Cadena-Zamudio, D. A., Tamayo-Esquer, L. M., Noriega-Cantú, D. H., Toledo-Aguilar, R., Felipe-Victoriano, M., ... & Espinoza-Ahumada, C. A. (2023). A Review of the current panorama of glyphosate resistance among weeds in Mexico and the rest of the world. *Agro Productividad*, 16(7), 135-149.
- Battaglin, W. A., Meyer, M. T., Kuivila, K. M., & Dietze, J. E. (2014). Glyphosate and its degradation product AMPA occur frequently and widely in U.S. soils, surface water, groundwater, and precipitation. *Journal American Water Resource Association*, 50(2), 275-290. <https://doi:10.1111/jawr.12159>
- Bayat, M., & Zargar, M. (2020). Field bindweed (*Convolvulus arvensis*) control and winter wheat response to post herbicides application. *Journal Crop Science and Biotechnology*, 23(2), 149-155. <https://doi: https://doi.org/10.1007/s12892-019-0213-0>
- Bean, B. (2022). *Field bindweed control in grain sorghum*. *High Plains Journal*. Consultado el 15 de junio, 2024, desde <https://www.sorghumcheckoff.com/wp-content/uploads/2022/05/2022-MAFG-Field-Bindweed-Control-in-Grain-Sorghum.docx-2.pdf> Brent
- COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios). (2022). Consulta de registros sanitarios de plaguicidas: Glifosato (ingrediente activo). Ciudad de México, México: COFEPRIS. Consultado el 15 de mayo, 2022, desde <https://www.gob.mx/cofepris>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2024). Malezas de México. Consultado el 15 de mayo, 2022, desde <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>
- Cortés-Jiménez, J. M., Troyo-Diéguez, E., Murillo-Amador, B., García-Hernández, J. L., Garatuzo-Payán, J., & Suh Lee, S. (2009). Índices de calidad del agua del acuífero del valle del Yaqui, Sonora. *Terra Latinoamericana*, 27(2), 133-141.
- Cortinas, E. H. M. (2017). Frijol de riego para el norte de Tamaulipas, ciclo P-V. En *Agenda tecnológica para el estado de Tamaulipas* (pp. 254-256). Ciudad Victoria, Tamaulipas, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- da Cunha, J. P. A. R., Pereira, J. N. P., Barbosa, L. A., & da Silva, C. R. (2016) Pesticide application windows in the region of Uberlândia-MG, Brazil. *Bioscience Journal*, 32(2), 403-411.
- Damalas, C. A., & Koutroubas, S. D. (2024). Herbicide resistance evolution, fitness cost, and the fear of the superweeds. *Plant Science*, 339, 111934. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111934>
- Davis, S., Mangold, J., Menalled, F., Orloff, N., Miller, Z., & Lehnhoff, E. (2018). A Meta-Analysis of Field Bindweed (*Convolvulus arvensis*) Management in Annual and Perennial Systems. *Weed Science*, 66(4), 540-547. <https://doi:10.1017/wsc.2018.25>
- Degennaro, F. P., & Weller, S. C. (1984). Differential sensitivity of feld bindweed (*Convolvulus arvensis*) biotypes to glyphosate. *Weed Science*, 32(4), 472-476. <https://doi: doi:10.1017/S0043174500059361>
- Duke, S. O., & Dayan, F. E. (2018). Herbicides. En *Encyclopedia of life sciences*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0025264>
- Esqueda-Esquivel, V. A., Uribe-Gómez, S., Zetina-Lezama, R., Reynolds-Chávez, M. A., & Peralta-Antonio, N. (2025). Comparison of natural and chemical herbicides for weed management in Veracruz, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 28(3), 147. <https://doi.org/10.56369/tsaes.6447>
- Fernández-Puga, E. G., Mora-Olivo, A., McDonald, A., & de la Rosa, M., E. (2019). La familia Convolvulaceae en el municipio de Victoria, Tamaulipas, México. *Botanical Science*, 97(3), 539-548. <https://doi.org/10.17129/botsci.2234>
- Gaskin, J. F., Cortat, G., & West, N. M. (2023). Vegetative versus sexual reproduction varies widely in *Convolvulus arvensis* across western North America. *Invasiones Biológicas*, 25(7), 2219-2229. <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03035-1>
- Galón, L., Ferreira, E. A., Concenco, G., Silva, A. A., Silva, D. V., Silva, A. F., ... & Vargas, L. (2013). Physiological characteristics of conyza bonariensis biotypes resistant to glyphosate cultivated under competition. *Planta Daninha*, 31(4) 859-866.
- Gao, Y., Yuan, G., Fang, J., Liu, Y., Tian, Z., & Shen, G. (2024). A new herbicide combination for weed management in dry direct-seeding indica rice field. *Chilean Journal of Agricultural Research* 84(4), 527-539.
- Ghaderpoori, M., Jafari, A., Nazari, E., Rashidipour, M., Nazari, A., Chehelcheraghi, F., ... & Rezaee, R. (2020). Preparation and characterization of loaded paraquat- polymeric chitosan/xantan/tripolyphosphate nanocapsules and evaluation for controlled release. *Journal Environmental Health Science and Engineering*, 18(2), 1057-1066. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00527-3>
- Heap, I., & Duke, S. O. (2018). Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. *Pest Management Science*, 74(5), 1040-1049. <https://doi.org/10.1002/ps.4760>
- Hettinger, K., Miller, Z., Hubbel, K., & Seipel, T. (2023) Crop rotation and cultivation effects on *Convolvulus arvensis* population dynamics in small grain organic cropping systems. *Frontier Agronomy*, 5, 1177461. <https://doi: 10.3389/fagro.2023.1177461>
- Huang, Z., Liu, Y., Zhang, C., Jiang, C., Huang, H., & Wei, S. (2019). Molecular basis of natural tolerance to glyphosate in *Convolvulus arvensis*. *Science Reproduction*, 9(1), 8133. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44583-8>.
- Knezevic, S. Z., Datta, A., Scott, J., & Charvat, L. D. (2009). Adjuvants influenced saflufenacil efficacy on fall-emerging weeds. *Weed Technology*, 23(3), 340-345. <https://doi.org/10.1614/WT-08-174.1>
- Landau, C., Bradley, K., Burns, E., Dobbels, A., Essman, A., Flessner, M., ... & Williams II, M. (2025). Searching for consistent postemergence weed control in progressively inconsistent weather. *Weed Science*, 73, 1-8. <http://doi: 10.1017/wsc.2024.80>
- Macías, A. F., Rodríguez, V. N., Cruz, H. M., Cruz, V. H. M., Pérez, L. D. C. S., & Rosas, F. J. L. (2015). Potencial alelopático de *Convolvulus Arvensis* en semillas de alfalfa, trigo y garbanzo mediante bioensayos. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 29, 45-58.

- Mendes, K. F., Mielke, K. C., D'Antonino, L., & da Silva, A. A. (2022). Retention, absorption, translocation, and metabolism of herbicides in plants. En K. F. Mendes & A. A. da Silva (Eds.), *Applied weed and herbicide science* (pp. 91-112). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-01938-8_5
- Metcalfe, H., Bürger, J., Redwitz, C. V., Cirujeda, A., Fogliatto, S., Dostatny, D. F., ... & Fried, G. (2023). The utility of the 'arable weeds and management in Europe database: Challenges and opportunities of combining weed survey data at a European scale. *Weed Research*, 63(1), 1-11. <http://doi.org/10.1111/wre.12562>
- Meyer, C. J., & Norsworthy, J. K. (2019). Influence of weed size on herbicide interactions for Enlist™ and Roundup Ready® Xtend® technologies. *Weed Technology*, 33(4), 569-577. <https://doi.org/10.1017/wet.2019.27>
- Montes, G. N. (2017). El sorgo. En *Agenda técnica agrícola de Tamaulipas* (pp. 272-274). Ciudad Victoria, Tamaulipas, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Moretti, M. L., & Peachey, R. E. (2022). Field bindweed control with quinclorac in highbush blueberry. *Weed Technology*, 36(2), 197-201. <https://doi.org/10.1017/wet.2022.4>
- Okada, E., Costa, J. L., & Bedmar, F. (2016). Adsorption and mobility of glyphosate in different soils under no-till and conventional tillage. *Geoderma*, 263, 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.09.009>
- Orloff, N., Mangold, J., Miller, Z., & Menalled, F. (2018). A meta-analysis of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) and Canada thistle (*Cirsium arvense* L.) management in organic agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 254, 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.024>
- Palma-Bautista, C., Vazquez-Garcia, J. G., Travlos, I., Tataridas, A., Kanatas, P., Domínguez-Valenzuela, J. A., & De Prado, R. (2020). Effect of adjuvant on glyphosate effectiveness, retention, absorption and translocation in *Lolium rigidum* and *Conyza canadensis*. *Plants*, 9(3), 297. <https://doi.org/10.3390/plants9030297>
- Pecina-Quintero, V., Díaz-Franco, A., Williams-Alanís, H., Rosales-Robles, E., & Garza-Cano, I. (2005). Influencia de fecha de siembra y biofertilizantes en sorgo. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 28(4), 389-389. <https://doi.org/10.35196/rfm.2005.4.389>
- Penner, D. (1989). The impact of adjuvants on herbicide antagonism. *Weed Technology*, 3(2), 227-231. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00031729>
- Reyes, M. C. A. (2017). El maíz. En *Agenda técnica agrícola de Tamaulipas* (pp. 329-331). Ciudad Victoria, Tamaulipas, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Ribeiro, D. N., Nandula, V. K., Dayan, F. E., Rimando, A. M., Duke, S. O., Reddy, K. N., & Shaw, D. R. (2015). Possible glyphosate tolerance mechanism in pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(6). <https://doi.org/10.1021/jf5055722>
- Rosales-Robles, E., Sánchez-de la Cruz, R., & Cerda-García, P. A. (2011). Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 34(4), 269-275.
- Rosales, R. E. (2016). Control químico de correhuela perenne en sorgo. Boletín electrónico, 2(2). Campo Experimental Río Bravo, Centro de Investigación Regional del Noreste, INIFAP. Consultado el 10 de julio, 2024 desde <http://inifapcirne.gob.mx/Eventos/2016/Controldecorrehulaperenneensorgo>
- Ramírez, Z. R., Santillán, J. A. L., Encinia, F. B., Fuentes, S. V., & Castillo, M. D. C. M. (2014). Situación actual de los sistemas de producción de grano de maíz en Tamaulipas, México. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 62, 69-75.
- Rzedowski, J., & González, E. C. (2023). Sinopsis de la familia Convolvulaceae en México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 17(1), 271-279. <https://doi.org/10.17348/jbrit.v17.i1.1296>
- SAS Institute Inc. (2016). *SAS/STAT® 9.4 user's guide*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). (2020). DECRETO Decreto por el que se establecen las acciones para la sustitución gradual del uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada glifosato. *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México, México: SEGOB.
- Sosnoskie, L. M., Hanson, B. D., & Steckel, L. E. (2020) Field bindweed (*Convolvulus arvensis*): "all tied up". *Weed Technology*, 34(6), 916-921. <https://doi.org/10.1017/wet.2020.61>
- Schweizer, E. E., & Swink, J. F. (1971). Field bindweed control with dicamba and 2,4-D, and crop response to chemical residues. *Weed Science*, 19(6), 717-721. <https://doi.org/10.1017/S0043174500051134>
- Sherwani, S. I., Arif, A. I., & Khan, H. A. (2015). Modes of action of different classes of herbicides. En M. N. V. Prasad (Ed.), *Herbicides: Physiology of action and safety*. InTech. <https://doi.org/10.5772/61779>
- Silva, S. M., Medina, G. G., Ruiz C., J. A., Díaz, P., & Cano, G. M. A. (2007). *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Tamaulipas (periodo 1961-2003)* (Libro técnico No. 2, 314 pp.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-SAGARPA, Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental Río Bravo.
- Smith, M. (2018). *Best of both worlds: Use of glyphosate and glufosinate (Liberty) in conjunction with LibertyLink® GT27 soybeans*. Stine Seed Company. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, de <https://www.stinseed.com/blog/best-of-both-worlds-use-of-glyphosate-and-glufosinate-liberty-r-in-conjunction-with-libertylink-r-gt/>
- Sobiech, Ł., Grzanka, M., Skrzypczak, G., Idziak, R., Włodarczyk, S., & Ochowiak, M. (2020). Effect of adjuvants and pH adjuster on the efficacy of sulcotrione herbicide. *Agronomy*, 10(4), 530. Basel, Switzerland: MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040530>
- Storkey, J., & Neve, P. (2018). What good is weed diversity? *Weed Research*, 58, 239-243. <https://doi.org/10.1111/wre.12310>
- Tamayo, E. L. M. (2014). *La correhuela: factores que la originan y tecnología para su manejo*. Documento en línea. Recuperado el 15 de mayo de 2024 de <https://www.academia.edu/8434595/>
- Teodor, R., Bogdan, I., Gheres, M., & Mogosan, C. (2013). Influence of minimum tillage systems on the control of *Convolvulus arvensis* L. on wheat, maize and soybean. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2), 563-566.
- Vats, S. (2014). Herbicides: history, classification and genetic manipulation of plants for herbicide resistance. In *Sustainable Agriculture Reviews: Volume 15*, (pp. 153-192). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_3
- Vencill, W. K., Nichols, R. L., Webster, T. M., Soteris, J. K., Mallory-Smith, C., Burgos, N. R., ... & McClelland, M. R. (2012). Herbicide resistance-toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. *Weed Science*, 60(Suppl. 1), 2-30. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00206.1>
- Westwood, J. H., Yerkes, C. N., De Gennaro, F. P., & Weller, S. C. (1997). Absorption and translocation of glyphosate in tolerant and susceptible biotypes of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). *Weed Science*, 45(5), 658-663. <https://doi.org/10.1017/S0043174500093292>
- WSSA (Weed Science Society of America). (2020). Herbicide classification chart [Tabla]. Take Action. Consultado el 15 de noviembre, 2021, desde <https://wssa.net/weed/herbicides/>

- Whitworth, J. W. (1964). The Reaction of Strains of Field Bindweed to 2,4-D. *Weeds*, 12(1), 57-58. <https://doi:10.2307/4040642>
- Wood, J. R., Williams, B. R., Mitchell, T. C., Carine, M. A., Harris, D. J., & Scotland, R. W. (2015). A foundation monograph of *Convolvulus* L. (Convolvulaceae). *Phytokeys* 51, 1-282. <https://doi.org/10.3897/phytokeys51.7104>
- Xiong, R., Wang, Y., Wu, H., Ma, Y., Jiang, W., & Ma, X. (2018). Seed treatments alleviate dormancy of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). *Weed Technology*, 32(5), 564-569. <https://doi:10.1017/wet.2018.46>
- Zhou, C., Luo, X., Chen, N., Zhang, L., & Gao, J. (2020a). Natural products as next-generation herbicides: Chemistry and Biology of Glufosinate. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 68(11), 3344-3353. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00052>