

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

Evaluación de glifosato y fluazifop para el control de *Sporobolus indicus* (L) R. Br. con dos formas de aplicación: bomba de mochila y aplicador de mecha

Estudiantes

Kenner Joaquín Bathel Lara

Jhonny Emanuel Henríquez Maradiaga

Asesores

Rony Muñoz, M.Sc.

Julio López, M.Sc.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO RODRIGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexos.....	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos	11
Ubicación del Experimento	11
Tratamientos.....	11
Análisis Estadístico	14
Variables Medidas.....	14
Fitotoxicidad	14
Biomasa de las Plantas.....	14
Resultados y Discusión.....	15
Conclusiones	23
Recomendaciones.....	24
Referencias.....	25
Anexos.....	27

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Identificación de los 13 tratamientos comprendidos por los herbicidas, método de aplicación y la respectiva dosis/concentración, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	12
Cuadro 2 Descripción general de los herbicidas del estudio con su forma de translocación, modo de acción y el tiempo que tardan en desarrollar signos.	13
Cuadro 3 Escala Rochecouste para evaluación visual de fitotoxicidad de <i>Sporobolus indicus</i> después de aplicación de los herbicidas.	14
Cuadro 4 Comparación de medias de la fitotoxicidad de <i>S. indicus</i> basada en los parámetros de la escala Rochecouste 4 semanas después de la aplicación de los herbicidas, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	16
Cuadro 5 Comparación de medias de la evaluación visual de fitotoxicidad de <i>S. indicus</i> sobre el factor herbicida durante las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	17
Cuadro 6 Comparación de medias de la evaluación visual de fitotoxicidad para el factor método de aplicación durante las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	19
Cuadro 7 Comparación de medias del comportamiento de cada tratamiento para la evaluación de la biomasa fresca y seca del follaje de <i>Sporobolus indicus</i> luego de transcurridas las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	20
Cuadro 8 Comparación de medias de la biomasa fresca y seca del follaje de <i>Sporobolus indicus</i> para el factor herbicida después de transcurridas las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	21
Cuadro 9 Comparación de medias de la biomasa fresca y seca del follaje de <i>Sporobolus indicus</i> para el factor método de aplicación después de transcurridas las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	22

Índice de Anexos

Anexo A Aplicadores de mecha utilizados durante el experimento.....	27
Anexo B Identificación y separación de los tratamientos con su respectivo herbicida, forma de aplicación, dosis y sus réplicas.....	28
Anexo C Concentraciones de los herbicidas según forma de aplicación.....	29

Resumen

Sporobolus indicus (L.) R. Br. es una maleza dominante en los pastos de Zamorano que se caracteriza por su alta resistencia y adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, capaz de establecerse en pastizales y hasta en terrenos baldíos. Los objetivos de este estudio fueron demostrar qué herbicida presenta un mayor control de la maleza, así como determinar el mejor método de aplicación. El experimento se estableció en la casa malla de la unidad de Cultivo de Tejidos, Zamorano. Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado con 13 tratamientos y 4 réplicas, con un arreglo factorial 2 (herbicidas) × 2 (formas de aplicación) × 3 (dosis). Se establecieron 52 maceteros con plantas de *S. indicus*. Se realizaron evaluaciones de fitotoxicidad y biomasa fresca y seca de las plantas. En las semanas 1 y 2 después de aplicación se encontraron diferencias significativas en los tratamientos con glifosato, aplicador de mecha y sus diferentes dosis, siendo estos los que mayor fitotoxicidad tuvieron sobre *S. indicus*. En la tercera semana después de aplicación los tratamientos de glifosato y aplicador de mecha en sus diferentes dosis tuvieron un control total de la maleza. En la cuarta semana después de aplicación los tratamientos de glifosato y fluazifop con aplicador de mecha, junto con los de glifosato y bomba de mochila, presentaron más de un 60% del control de la maleza. Fluazifop y glifosato controlaron totalmente *Sporobolus indicus* a las 4 semanas después de su aplicación. Los herbicidas sistémicos aplicados con mecheros y bomba de mochila controlaron *S. indicus*.

Palabras clave: Biomasa, control químico, fitotoxicidad, pastos, planta invasora.

Abstract

Smutgrass (*Sporobolus indicus* L.) is a dominant weed in Zamorano pastures that is characterized by its high resistance and adaptability to different environmental conditions, capable of establishing itself in pastures and even wastelands. The objectives of this study were to demonstrate which herbicide has the most control of the weed, as well as to determine the more appropriate method of application. The experiment was set up in the mesh house of the Zamorano Tissue Culture Laboratory. A Completely Randomized Design was used with 13 treatments and 4 replications, with a factorial arrangement 2 (herbicides) \times 2 (application forms) \times 3 (doses). Fifty-two pots were established with *S. indicus* plants. Evaluations of phytotoxicity and fresh and dry biomass of the plants were performed. In weeks 1 and 2 after application, significant differences were found in the treatments with glyphosate, wick applicator and its different doses, being these the ones with the highest phytotoxicity on *S. indicus*. In the third week after application, the glyphosate and wick applicator treatments in their different doses had total control of the weed. In the fourth week after application, glyphosate and fluazifop treatments with wick applicator, together with glyphosate and knapsack pump, showed more than 60% weed control. Fluazifop and glyphosate completely controlled *Sporobolus indicus* at 4 weeks after application. Systemic herbicides applied with wick applicator and knapsack pumps controlled *S. indicus*.

Keywords: biomass, chemical control, invasive plant, pastures, phytotoxicity.

Introducción

Las malezas en los potreros son un factor determinante en cuanto al rendimiento de las pasturas, ya que tienen la capacidad de competir con los pastos por luz, agua, nutrientes e incluso espacio. Durante el siglo XXI *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. ha sido registrada como una planta invasora en 45 países a nivel mundial, en América se distribuye desde el sudeste de Estados Unidos, hasta el norte de Argentina, y a nivel del mar esta maleza puede reproducirse desde 0 hasta 3,000 m (GBIF 2022).

S. indicus es una gramínea que se propaga por semillas y rizomas, y el sobrepastoreo es un estímulo para su propagación. Esta planta perenne posee características fisiológicas similares a los pastos de gramíneas cultivados, pues ambas son plantas C4 (Sardiñas et al. 2010). Esta maleza puede ocasionar un grado alto de infestación en potreros, causando numerosas pérdidas en el rendimiento de la biomasa vegetal (Padilla et al. 2013). Cabe destacar que esta gramínea no es consumida por los animales. A pesar de que *S. indicus* es considerada como una planta de un valor forrajero medio, puede causar toxicidad al ganado cuando está infestada por el hongo *Bipolaris ravenelii* (Giraldo Cañas y Paterson 2009).

Conocer la biología a fondo de esta gramínea es fundamental para establecer un programa de control óptimo y eficiente. Esto con el fin de planificar las labores agronómicas pertinentes y controlar la maleza de las pasturas en que esta se encuentra presente. De acuerdo con los estudios biológicos de *S. indicus* realizados por Sardiñas et al. (2010), esta planta produce semillas durante todo el año, a excepción de los meses febrero y agosto. Una planta es capaz de producir diez panículas y aproximadamente 11,000 semillas.

El porcentaje de germinación de *S. indicus* puede llegar hasta 60-80% en condiciones favorables, y su capacidad para producir semillas, son los responsables del alto grado de invasión que tiene sobre los pastos mejorados. El ciclo vegetativo del *S. indicus* durante períodos poco lluviosos es de 84 días y en época lluviosa es de aproximadamente 65 días (Padilla et al. 2013). Conocer el ciclo reproductivo de la gramínea nos permite elaborar un plan de manejo, con ello evitar su propagación y reducir el banco de semillas del suelo.

La utilización de herbicidas en *S. indicus* ha sido uno de los métodos de control más populares, sin embargo, aún no existen herbicidas selectivos para pastos mejorados y por lo tanto, representa una limitante a la hora de reducir la población de la maleza en las pasturas (Sardiñas et al. 2015). La quema y el chapeado no son métodos de control eficientes ni recomendados para *S. indicus*, ya que estos por el contrario estimulan la aparición de nuevos brotes en la base de los tallos aéreos, por ello, los métodos para controlar esta maleza resultan bastante limitados (Sardiñas et al. 2011).

La mayoría de herbicidas que se utilizan en los potreros son para el control de malezas de hoja ancha y se obtiene cierto nivel de selectividad de los pastos porque son gramíneas, sin embargo, utilizar herbicidas selectivos para gramíneas trae consigo problemas de selectividad ya que esta maleza crece comúnmente entre los pastizales y puede causar daño a estos, lo cual tiende a limitar el uso de herbicidas selectivos. El glifosato es un herbicida sistémico de amplio espectro, no selectivo y post-emergente que controla malezas perennes y anuales, gramíneas, ciperáceas e incluso hierbas de hoja ancha (Campuzano Cortina et al. 2017). Fluazifop es un herbicida selectivo para gramíneas y al igual que glifosato, su modo de acción es sistémico y es absorbido por las hojas, controlando una gran variedad de especies perennes y anuales, con daños mínimos a los cultivos en producción (Rokich et al. 2009).

Para la aplicación de ambos herbicidas es necesario el uso de herramientas o métodos que contribuyan al buen funcionamiento de estos para el control de malezas. La bomba de mochila es una herramienta que se utiliza para suministrar herbicidas a los cultivos, ya que es capaz de nebulizar herbicidas y cuenta con un depósito, una lanza de fumigación y una bomba que se acciona manualmente en bombas de mochila para fumigación más tradicionales y de gasolina o de motor, de batería o eléctricas en aquellas bombas que son más modernas.

Por otro lado, el aplicador de mecha es una herramienta bastante práctica y permite la aplicación de herbicidas sistémicos de manera más sencilla, teniendo un contacto directo con la maleza (FAO 2014). Este equipo funciona por frotación, aplicando la solución del herbicida sobre un material absorbente, el cual tendrá un contacto directo con la maleza. Estos aplicadores resultan ideales en lugares donde hay plantas deseables, ya que solo es necesario frotar la mecha de cuerda del material absorbente sobre las malas hierbas para que el herbicida quede impregnado sobre estas y haga efecto (Progreen; Paez 2023).

S. indicus es una especie indeseable que afecta los pastos en las regiones trópicas debido a que comparte características biológicas con estos, de los que podemos mencionar su ciclo de vida y vía fotosintética (Padilla et al. 2013). No controlar esta maleza provoca pérdidas significativas. En vista de estos antecedentes, los objetivos de esta investigación fueron demostrar qué herbicida presenta un mayor control de *S. indicus* y determinar cuál es el mejor método de aplicación de herbicidas para el control de *S. indicus*.

Materiales y Métodos

Ubicación del Experimento

El estudio se realizó en la casa malla con techo de plástico, asignada al Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Valle del Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. El lugar se encuentra a 800 msnm y cuenta con una temperatura promedio de 28°C. Para el establecimiento de la maleza en los maceteros, se hizo una recolección el nueve de diciembre de 2022 de las macollas de *S. indicus* provenientes del lote CEPIRS. Estas macollas fueron trasplantadas en 52 maceteros de material HDPE (Polietileno de Alta Densidad), con medidas de 15.5 cm de altura, 10.5 cm en su diámetro inferior y 14 cm su diámetro superior.

Estos maceteros fueron ubicados en la casa malla, lugar donde se les brindó riego diariamente a lo largo de todo el experimento. Las plantas estuvieron listas para su aplicación el primero de marzo de 2023 cuando dichas macollas se mostraron bien enraizadas, con una tonalidad verde oscura y con una altura promedio de 30 cm.

Tratamientos

En la investigación se evaluaron 13 tratamientos que comprendían dos herbicidas sistémicos en tres diferentes concentraciones y mediante dos métodos de aplicación, además se agregó un testigo para realizar una comparación con los tratamientos. El experimento se realizó con cuatro réplicas, cada unidad experimental constaba de una planta por macetero, resultando en un total de 52 unidades experimentales (Cuadro 1).

Cuadro 1

Identificación de los 13 tratamientos comprendidos por los herbicidas, método de aplicación y la respectiva dosis/concentración, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Tratamiento	Herbicida	Forma Aplicación	Formulación
GBm1	Glifosato	Bomba de mochila	8 mL/L
GBm2	Glifosato	Bomba de mochila	12 mL/L
GBm3	Glifosato	Bomba de mochila	16 mL/L
GM1	Glifosato	Aplicador de Mecha	292 mL/L
GM2	Glifosato	Aplicador de Mecha	374 mL/L
GM3	Glifosato	Aplicador de Mecha	500 mL/L
FBm1	Fluazifop	Bomba de mochila	2 mL/L
FBm2	Fluazifop	Bomba de mochila	4 mL/L
FBm3	Fluazifop	Bomba de mochila	6 mL/L
FM1	Fluazifop	Aplicador de Mecha	292 mL/L
FM2	Fluazifop	Aplicador de Mecha	374 mL/L
FM3	Fluazifop	Aplicador de Mecha	500 mL/L
Testigo			

Para la realización de este experimento se construyeron tres aplicadores de mecha con un diseño en forma de "T", con tubos PVC de una pulgada, uniones T, tapones, válvulas de bola, pegamento PVC y cuerdas de Nylon (Anexo A). Este diseño se hizo con el fin de que el aplicador pudiera intervenir en mayor amplitud y así poder aplicar por ambos lados, incluso a dos macollas a la vez. Los mecheros contienen una válvula de bola en la parte inferior, esto para que al llenar el tubo con el herbicida pueda mantenerse cerrada y decidir la cantidad de herbicida que irá fluyendo sobre las cuerdas de nylon y así evitar que se rebalse o no quede de forma homogénea la cantidad del herbicida sobre las mechas.

El primer día de marzo se realizaron las aplicaciones de los herbicidas con una bomba de mochila manual con una capacidad de 20 litros. Se utilizó una boquilla de abanico plano Teejet 8003 y se realizó su calibración donde la descarga de esta fue de 250 L/ha a una altura promedio 50 cm con una capacidad de 0.3 gal/min y una presión de 40 PSI.

Las dosis correspondientes para la bomba de mochila y las concentraciones de los mecheros se midieron con ayuda de una probeta, embudo y vaso de precipitado. En la realización del experimento se utilizaron los herbicidas de la marca comercial Roundup 35,6 SL® para glifosato y Fantasma 12,5 EC® para fluazifop, ambos herbicidas sistémicos (Cuadro 2). Para la aplicación de estos herbicidas se utilizaron tres dosis; en las aplicaciones con bomba de mochila se utilizó la dosis recomendada de cada herbicida, siendo 3L/Ha (12 mL/L) para glifosato y 1L/Ha (4 mL/L) para fluazifop, utilizando una dosis alta y una baja partiendo de la dosis recomendada.

Por otra parte, la aplicación de los herbicidas mediante el uso de mecheros se realizó utilizando una concentración recomendada para ambos herbicidas. La formulación comúnmente utilizada para herbicidas sistémicos con aplicadores de mecha ronda entre los 30-40% V/V (Al-Wagaa et al. 2019). Se tomó inicialmente la sobredosis utilizando 50% V/V (500 mL/L), a esta concentración se le restó el 25%, dando un resultado de 37% V/V (374 mL/L), siendo esta la concentración recomendada ya que se encuentra en el rango para los aplicadores de mecha; la subdosis se obtuvo de restarle el 25% a la concentración recomendada donde obtuvimos 28% V/V (292 mL/L). En el testigo no se realizó ninguna aplicación y sirvió como guía para las evaluaciones visuales posteriores realizadas después de la aplicación.

Cuadro 2

Descripción general de los herbicidas del estudio con su forma de translocación, modo de acción y el tiempo que tardan en desarrollar signos.

Herbicida	Nombre comercial	Translocación	Modo de acción	Tiempo en desarrollar signos
Glifosato	Roundup 35,6 SL®	Sistémico No selectivo	5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa	Perennes: 5-7 días Anuales: 2-4 días
Fluazifop	Fantasma 12,5 EC®	Sistémico Selectivo	Acetil coenzima-a carboxilasa	8-15 días

Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de 2x2x3, siendo estos factores herbicidas, forma de aplicación y dosis respectivamente, con 4 réplicas y 13 tratamientos. Los datos fueron analizados con el programa estadístico Infostat 2020 por medio de un ANDEVA y la separación de medias se realizó a través del método Duncan a una probabilidad de ($P \leq 0.05$).

VARIABLES MEDIDAS

Fitotoxicidad

Se realizaron evaluaciones visuales para determinar la fitotoxicidad de los tratamientos a las 1, 2, 3 y 4 semanas después de aplicación (SDA). Esta evaluación se basó en la escala Rochecouste para evaluaciones visuales de fitotoxicidad de gramíneas (Chaila 1986).

Cuadro 3

Escala Rochecouste para evaluación visual de fitotoxicidad de Sporobolus indicus después de aplicación de herbicidas.

Efecto	Puntaje
Ningún efecto visible	0
Leve acción cáustica en hojas	1
Hojas cloróticas	2
Moderada acción cáustica en hojas	3
Moderada acción cáustica en hojas y tallos	4
Ligero daño en hojas y tallos	5
Ligero daño, muerte en brotes jóvenes	6
Tallos muertos 25%	7
Tallos muertos 50%	8
Tallos muertos 75%	9
Muerte total	10

Biomasa de las Plantas

Al final del experimento, se tomó el peso fresco de la parte vegetativa de las plantas con una balanza digital Fisher y posteriormente se colocaron en un horno Fisher ISOTEMP® modelo 350g a 70°C durante 24 horas, para luego medir el peso seco.

Resultados y Discusión

Luego de transcurrida la primera semana después de la aplicación de los herbicidas, se empezaron a realizar las evaluaciones visuales de fitotoxicidad siguiendo los parámetros de la escala Rochecouste (Chaila 1986). A los 15 días después de la aplicación se observó que los tratamientos con glifosato y aplicadores de mecha (GM1, GM2 y GM3), causaron mayor fitotoxicidad sobre la maleza, teniendo una acción más eficiente y precoz en comparación a los demás tratamientos.

Así mismo, para la cuarta semana de evaluación los tratamientos de glifosato con mechero (GM1, GM2 y GM3) siguieron siendo los de mayor control sobre la maleza, sobre todo el tratamiento con la dosis más alta (GM3) que llegó al nivel máximo en la escala de fitotoxicidad, teniendo un control total sobre la maleza. Es importante destacar que los tratamientos con fluazifop y bomba de mochila (FBm1, FBm2 y FBm3) menor fitotoxicidad sobre la maleza a lo largo de todo el experimento (Cuadro 4). Esto significa que el herbicida glifosato demostró ser más eficiente que el fluazifop.

Esto puede deberse a que los herbicidas utilizados tienen un modo de acción diferente, el glifosato inhibe la vía del shikimato afectando la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos (Caseley 1996). Este herbicida es un fuerte inhibidor de la enzima 5-enolpiruvil shikimato 3-fosfato sintasa (EPSPS), la cual es muy importante en la ruta metabólica del shikimato que tiene lugar en los cloroplastos (Nissen et al. 2019). Por otro lado, Syngenta (2022) explica que fluazifop se acumula en los puntos de crecimiento, afectando los tejidos meristemáticos en los nudos de los tallos y las yemas de los rizomas. El fluazifop al momento de translocarse se centra en los puntos donde crece el follaje, por eso su acción visual de fitotoxicidad es menor que glifosato, sin embargo, también tiene un control en el crecimiento de la maleza.

Cuadro 4

Comparación de medias de la fitotoxicidad de S. indicus basada en los parámetros de la escala Rochecouste utilizada en las 4 semanas después de la aplicación de los herbicidas del experimento desarrollado en la casa malla de la unidad de Cultivo de Tejidos vegetales, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Tratamiento	Herbicida	Método de aplicación	Formulación	Control de la maleza			
				1 SDA	2 SDA	3 SDA	4 SDA
1	Glifosato	Bomba de mochila	8 mL/L	2.00 ^{cde}	3.25 ^d	4.50 ^d	6.25 ^c
2	Glifosato	Bomba de mochila	12 mL/L	5.75 ^{ab}	6.75 ^{bc}	7.50 ^{bc}	8.25 ^{abc}
3	Glifosato	Bomba de mochila	16 mL/L	5.00 ^{ab}	7.50 ^b	8.50 ^{abc}	8.75 ^{ab}
4	Glifosato	Aplicador de mecha	292 mL/L	7.25 ^a	9.25 ^a	9.50 ^{ab}	9.75 ^a
5	Glifosato	Aplicador de mecha	374 mL/L	5.75 ^{ab}	9.50 ^a	9.75 ^{ab}	9.75 ^a
6	Glifosato	Aplicador de mecha	500 mL/L	5.50 ^{ab}	9.50 ^a	10.00 ^a	10.00 ^a
7	Fluazifop	Bomba de mochila	2 mL/L	0.50 ^e	1.50 ^{de}	1.75 ^e	4.00 ^d
8	Fluazifop	Bomba de mochila	4 mL/L	0.50 ^e	1.25 ^e	2.00 ^e	3.50 ^d
9	Fluazifop	Bomba de mochila	6 mL/L	1.25 ^{de}	2.00 ^{de}	2.00 ^e	3.50 ^d
10	Fluazifop	Aplicador de mecha	292 mL/L	2.75 ^{cd}	5.00 ^c	6.50 ^{cd}	7.00 ^{bc}
11	Fluazifop	Aplicador de mecha	374 mL/L	5.00 ^{ab}	7.00 ^b	8.50 ^{abc}	8.50 ^b
12	Fluazifop	Aplicador de mecha	500 mL/L	4.00 ^{bc}	5.75 ^{bc}	7.00 ^c	8.00 ^{bc}
C.V. (%)				37.18	20.67	23.01	17.87
Valor P				<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. Medias en la misma columna con una letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). SDA: Semana después de la aplicación. C.V: Coeficiente de variación.

Para el factor herbicida se pudo observar que a los 15 días del experimento glifosato tiene casi un total control sobre la maleza. Al final del experimento se mantuvo la misma tendencia. A partir de la semana 3 después de la aplicación, fluazifop presentó casi un 50% de fitotoxicidad en el follaje de *S. indicus* (Cuadro 5).

Esto puede darse debido a que ambos tienen una translocación distinta, y por ello, fluazifop tiende a demostrar sus signos sobre el follaje más tarde. Caseley (1996) expresa que glifosato detiene la división celular y el crecimiento de la planta, pero es hasta una semana después que el follaje se torna clorótico, también asegura que el glifosato es uno de los herbicidas con mayor movilidad por el floema y muy efectivo contra malezas perennes. Por otro lado, Syngenta (2022) dice que fluazifop se centra en detener el crecimiento en las primeras 48 horas, sin embargo, el daño visual de la maleza será observado después de los 15 días después de la aplicación.

Cuadro 5

Comparación de medias de la evaluación visual de fitotoxicidad de S. indicus sobre el factor herbicida durante las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola

Panamericana, Zamorano.

Herbicida	Control de la maleza			
	1 SDA	2 SDA	3 SDA	4 SDA
Glifosato	5.21 ^a	7.63 ^a	8.29 ^a	8.79 ^a
Fluazifop	2.33 ^b	3.75 ^b	4.63 ^b	5.75 ^b
C.V. (%)	43.36	24.13	26.18	19.53
Valor P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. Medias en la misma columna con una diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). SDA: Semana después de la aplicación.

C.V: Coeficiente de variación.

A lo largo del experimento, se observó que los herbicidas aplicados con mecheros tuvieron resultados más temprano. En la tercera semana se observó que los mecheros habían controlado casi el total de la planta mientras que los herbicidas aplicados con bomba de mochila tenían un efecto más leve. En la cuarta semana las plantas aplicadas con mecheros presentaban marchitez casi en su totalidad, no así con aquellas aplicaciones hechas con bomba de mochila. Esto quiere decir que las aplicaciones con mecheros fueron más efectivas debido al contacto directo que tiene en el follaje (Cuadro 6). Eso se debe a que los aplicadores de mecha son una herramienta de fácil manejo, que tienen un contacto constante y directo con la maleza (FAO 2014). Los resultados del presente trabajo difieren de Villareal y Vargas (1989), los cuales indicaron que no existió diferencias significativas entre las aplicaciones con bomba de mochila y aplicadores de mecha.

Por otra parte, La bomba de mochila puede presentar deficiencias al no hacer una dispersión constante del herbicida, la deriva de las boquillas de la bomba junto con la velocidad del viento puede jugar en contra de la aplicación de los herbicidas, ya que este puede dispersarse y no llegar directamente a la maleza o incluso infectar nuestra área de producción (TeeJet 2004). El tamaño de la gota es otro factor importante que puede inferir en la aplicación de los herbicidas a través de la bomba de mochila. Las gotas pequeñas producen una buena cobertura y se adhieren a zonas de la planta difíciles de asperjar, pero son expuestas a tener problemas con la deriva; en cambio las gotas grandes pueden rebotar y desprenderse y no llegar a dichas superficies que son difíciles de asperjar, sin embargo, la deriva es un problema de menor magnitud para este tipo de gotas. Cabe destacar que no existe un tamaño ideal de la gota para realizar una buena aplicación, ya que esto va en dependencia del tipo de planta, las condiciones ambientales y el tipo y tamaño de boquilla (Caseley 1996).

Cuadro 6

Comparación de medias de la evaluación visual de fitotoxicidad de S. indicus para el factor método de aplicación durante las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Aplicador	Control de la maleza			
	1 SDA	2 SDA	3 SDA	4 SDA
Aplicador de mecha	5.04 ^a	7.67 ^a	8.54 ^a	8.83 ^a
Bomba de mochila	2.50 ^b	3.71 ^b	4.38 ^b	5.71 ^b
C.V. (%)	43.36	24.13	26.18	19.53
Valor P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. Medias en la misma columna con una letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). SDA: Semana después de la aplicación. C.V: Coeficiente de variación.

Después de haber transcurrido las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos y con ello la finalización de las evaluaciones visuales de fitotoxicidad, se precedió a las evaluaciones de biomasa de la maleza, tanto en materia fresca, como en materia seca. No se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) para ninguno de los tratamientos, sin embargo, se reflejó una leve tendencia de que las dosis y concentraciones más altas en todos los tratamientos obtuvo una menor biomasa en el experimento. Martino (1995) dice que los herbicidas interfieren sobre los procesos metabólicos de las plantas, lo que puede resultar en la inhibición del crecimiento y la reducción del peso del follaje. Estos efectos pueden ser más pronunciados en cantidades altas de herbicida, ya que estos pueden ejercer un mayor impacto en el metabolismo de la planta.

Cuadro 7

Comparación de medias del comportamiento de cada tratamiento para la evaluación de la materia fresca y seca del follaje de S. indicus luego de transcurridas las cuatro semanas después de la aplicación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Tratamiento	Herbicida	Método de aplicación	Formulación	Biomasa	
				Materia fresca (g)	Materia seca (g)
1	Glifosato	Bomba de mochila	8 mL/L	12.15	9.70
2	Glifosato	Bomba de mochila	12 mL/L	10.78	8.78
3	Glifosato	Bomba de mochila	16 mL/L	8.40	7.10
4	Glifosato	Aplicador de mecha	292 mL/L	11.23	9.18
5	Glifosato	Aplicador de mecha	374 mL/L	10.98	8.73
6	Glifosato	Aplicador de mecha	500 mL/L	9.80	7.88
7	Fluazifop	Bomba de mochila	2 mL/L	10.40	8.98
8	Fluazifop	Bomba de mochila	4 mL/L	10.25	8.50
9	Fluazifop	Bomba de mochila	6 mL/L	9.63	8.10
10	Fluazifop	Aplicador de mecha	292 mL/L	9.93	8.25
11	Fluazifop	Aplicador de mecha	374 mL/L	8.68	7.35
12	Fluazifop	Aplicador de mecha	500 mL/L	7.88	6.05
		C.V. (%)		20.54	20.82
		Valor P		0.1996	0.2552

Nota. Medias en la misma columna con una letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). C.V: Coeficiente de variación.

Al analizar los resultados de fitotoxicidad, se esperaba que fluazifop presentara una mayor biomasa fresca que glifosato, ya que este demostró un control de fitotoxicidad menor sobre la maleza. Sin embargo, a pesar de que no se encontró una diferencia significativa entre los herbicidas ($P > 0.05$), se puede observar una leve tendencia donde el glifosato presentó un mayor peso fresco y seco al final del experimento en comparación con el fluazifop (Cuadro 8).

Arias (1998) explica que el sitio de inhibición de fluazifop se encuentra entre el acetil coenzima-a y el malonil coenzima-a transferasa, esto detiene la síntesis de ácidos grasos que son utilizados donde hay alta actividad meristemática, como los puntos de crecimiento del follaje. Entonces, fluazifop al comenzar a translocarse se centra en detener el crecimiento del follaje, sin embargo, al ser de acción retardada, es mucho después que presenta signos de clorosis, necrosis e incluso muerte final de la parte vegetativa de la planta. Es importante considerar que fluazifop visualmente no tuvo mayor control que glifosato, sin embargo, en los cogollos se podía observar que este herbicida estaba impidiendo el paso de estos nutrientes esenciales, y con ello el crecimiento y el peso del follaje fue detenido en mayor medida en comparación con el glifosato.

Cuadro 8

Comparación de medias de la materia fresca y seca del follaje de S. indicus para el factor herbicida luego de transcurridas las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Herbicida	Biomasa	
	Materia Fresca (g)	Materia seca (g)
Glifosato	10.55	8.56
Fluazifop	9.46	7.70
C.V. (%)	20.54	20.82
Valor P	0.0716	0.0876

Nota. Medias en la misma columna con una letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). C.V: Coeficiente de variación.

Para el factor de método de aplicación no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre cada aplicador (Cuadro 9). Debido a las aplicaciones más dirigidas de los aplicadores de mecha, es más probable que estos logren una mayor reducción en el peso del follaje de la maleza, sin embargo, TeeJet

(2004) explica que las aplicaciones con bomba de mochila pueden presentar resultados efectivos en la reducción de la biomasa de la maleza como en las aplicaciones con aplicadores de mecha, especialmente cuando se siguen las practicas adecuadas de aplicación y las recomendaciones del fabricante. Además, esto va en dependencia de la biología de la maleza y de factores ambientales a la hora de realizar la aplicación.

Cuadro 9

Comparación de medias de la materia fresca y seca del follaje de S. indicus para el factor método de aplicación luego de transcurridas las cuatro semanas después de la aplicación de los tratamientos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Aplicador	Biomasa	
	Materia Fresca (g)	Materia Seca (g)
Bomba de mochila	10.27	8.36
Aplicador de mecha	9.75	7.90
C.V. (%)	20.54	20.82
Valor P	0.3849	0.3579

Nota. Medias en la misma columna con una letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). C.V: Coeficiente de variación.

Conclusiones

El uso de herbicidas sistémicos, acompañados de los aplicadores de mecha, demostró un control más eficiente y precoz que las aplicaciones con bomba de mochila.

Fluazifop y glifosato brindaron un control total de *Sporobolus indicus* a las 4 semanas después de su aplicación.

Recomendaciones

Evaluar a nivel de campo la eficiencia de los herbicidas y métodos de aplicación utilizados en este experimento.

Hacer uso de otros herbicidas sistémicos para observar qué tan eficiente es su control en comparación con Roundup® (Glifosato) y Fantasma® (Fluazifop).

Elaborar un análisis de costos para el uso de herbicidas aplicados con mecheros comparado con herbicidas aplicados con bomba de mochila.

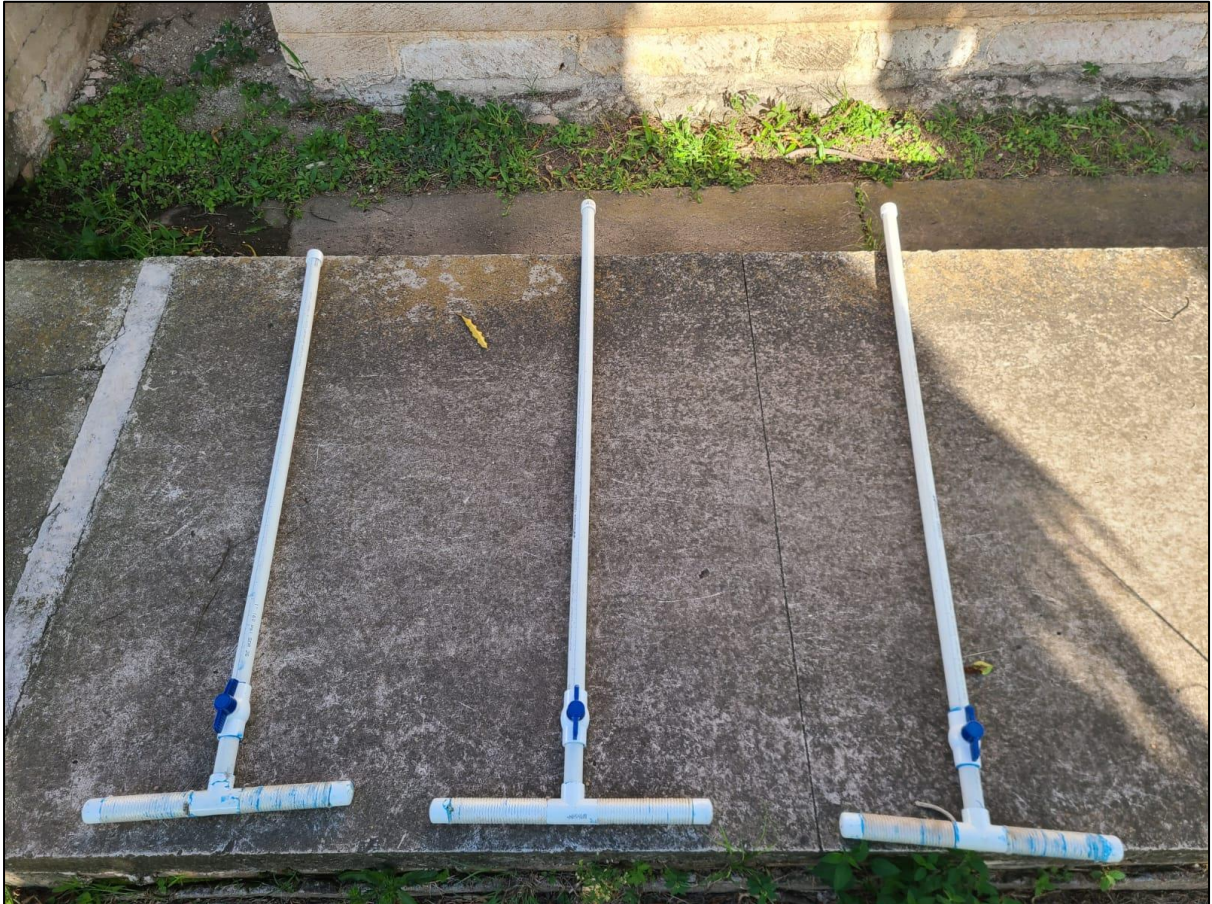
Referencias

- Al-Wagaa AH, Hadi Al-Obadui IA, Alfarttoosi HAK, AL-Gburi OA. 2019. Evaluating the performance of rope-wick herbicides applicator to control common reed. *IOP Science*. 388(1):1–8. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/388/1/012003>. doi:10.1088/1755-1315/388/1/012003.
- Arias C. 1998. Determinación de la efectividad del control de malezas con azadón, glifosato y fluazifop, para preparación de sitio en plantaciones forestales [Proyecto Especial de Graduación]. Honduras: Zamorano. 68 p; [consultado el 7 de ago. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/472f7479-9313-4b95-8961-1d770e8352eb/content>.
- Campuzano Cortina C, Feijoó Fonnegra LM, Manzur Pineda K, Palacio Muñoz M, Rendón Fonnegra J, Zapata Díaz JP. 2017. Efectos de la intoxicación por glifosato en la población agrícola: revisión de tema. *CES Salud Pública*; [consultado el 8 de feb. de 2023]. 8(1):121–133. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6176888>.
- Caseley JC. 1996. Capítulo 10. Herbicidas. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; [actualizado el 17 de feb. de 2021.000Z; consultado el 29 de may. de 2023.685Z]. <https://www.fao.org/3/t1147s/t1147s0e.htm>.
- Chaila S. 1986. Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y control. Asociación Argentina para el control de Malezas ASAM. 2(14):5–79. http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/st%2056A_1995.pdf.
- [FAO] (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Manejo de malezas en agricultura de conservación. *América Latina: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*; [actualizado 1/2021; consultado el 8 de feb. de 2023]. <https://teca.apps.fao.org/teca/es/technologies/8158>.
- GBIF. 2022. *Sporobolus indicus* (L.) R.Br. Dinamarca: Global Biodiversity Information Facility. Inglés. <https://www.gbif.org/species/2704757>.
- Giraldo Cañas D, Paterson P. 2009. Revisión de las especies del género *Sporobolus* (Poaceae: Chloridoideae: Sporobolinae) del noroeste de sudamérica: Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela. *Caldasia*; [consultado el 4 de feb. de 2023]. 31(1):41–76. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322009000100006&script=sci_abstract&tIng=es.
- Martino DL. 1995. El herbicida Glifosato: su manejo más allá de la dosis por hectárea. Uruguay: [sin editorial]. 30 p. ISBN: 9974-38-036-7; [consultado 03/1998]. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2967/1/15630291007131821.pdf>.
- Nissen S, Namuth D, Hernández Rios I. 2019. Inhibidores de la Síntesis de Aminoácidos Aromáticos. Lincoln, Nebraska: Universidad de Nebraska; [actualizado el 7 de jul. de 2023.000Z; consultado el 7 de jul. de 2023.218Z]. <https://digitalcommons.unl.edu/passel/63/>.
- Padilla C, Sardiñas Y, Febles G, Fraga N. 2013. Estrategias para el control de la degradación en pastizales invadidos por *Sporobolus indicus* (L) R. Br. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*; [consultado el 23 de ene. de 2023]. 47(2):113–117. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193028751001>.

- Paez M. 2 de mar. de 2023. Aplicador de herbicida: Esponja aplicadora de herbicida diy. Fitosanitarios; [consultado el 23 de jun. de 2023.713Z]. <https://fitosanitariosmartinpaez.es/blog/aplicaciones/aplicador-de-herbicida/>.
- Progreen. 2023. Weed Wipers | Micro Wipe and Wicking Rope. Reino Unido: Progreen; [actualizado el 23 de jun. de 2023.000Z; consultado el 23 de jun. de 2023.536Z]. <https://www.progreen.co.uk/equipment/handheld-applicators/weed-wipers/>.
- Rokich DP, Harma J, Turner SR, Sadler RJ, Tan BH. 2009. Fluazifop-p-butyl herbicide: Implications for germination, emergence and growth of Australian plant species. *Biological Conservation*. 142(4):850–869. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320708004862>. doi:10.1016/j.biocon.2008.12.013.
- Sardiñas Y, Padilla C, R. S. Herrera, Torres V, Aida N, Fraga N. 2010. Indicadores del crecimiento y desarrollo de *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. (espartillo) en un agroecosistema de *Panicum maximum* vc. *Likoni*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*; [consultado el 23 de ene. de 2023]. 44(4):421–425. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017783015>.
- Sardiñas Y, Varela M, Padilla C, Torres V, Noda A, Fraga N. 2011. Control del espartillo (*Sporobolus indicus*) mediante la renovación con siembra de variedades de *Panicum maximum*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*; [consultado el 23 de ene. de 2023]. 45(1):83–88. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017615016>.
- Sardiñas Y, Varela M, Padilla C, Torres V, Noda A, Fraga N. 2015. Control de *Sporobolus indicus* L (R) Br. (espartillo) y rehabilitación de un pastizal de *Megathyrsus maximus* (guinea Likoni) en estado de deterioro. *Avances en Investigación Agropecuaria*; [consultado el 23 de ene. de 2023]. 19(2):35–50. es. <https://www.redalyc.org/journal/837/83742619003/html/>.
- Syngenta. 2022. Fusilade 12.5 EC. Guatemala: [sin editorial]; [actualizado el 2 de mar. de 2022+00:00; consultado el 27 de jun. de 2023.514Z]. <https://www.syngenta.com.gt/product/crop-protection/herbicida/fusilade-125-ec>.
- TeeJet. 2004. Guía del Usuario de Boquillas de Pulverización. Estados Unidos: [sin editorial]; [consultado el 28 de may. de 2023]. 56 p. <http://www.aerocampo.com/pdf/guia-del-pulverizador.pdf>.
- Villareal M, Vargas W. 1989. Evaluación de dos herbicidas y dos formas de aplicación para el control de zacatón (*Paspalum virgatum*) en potreros. *Agronomía Costarricense*. 13(2):183–188. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v13n02_183.pdf.

Anexos**Anexo A**

Aplicadores de mecha utilizados durante el experimento.



Anexo B

Identificación y separación de los tratamientos con su respectivo herbicida, forma de aplicación, dosis y sus réplicas.

Tratamiento	Herbicida	Forma Aplicación	Dosis/Concentración	Réplicas			
				1	2	3	4
1	Glifosato	Bomba de mochila	2 L/Ha	101	212	310	404
2	Glifosato	Bomba de mochila	3 L/Ha	102	210	307	409
3	Glifosato	Bomba de mochila	4 L/Ha	103	201	311	413
4	Glifosato	Aplicador de Mecha	28% V/V	104	206	313	402
5	Glifosato	Aplicador de Mecha	37% V/V	105	203	301	410
6	Glifosato	Aplicador de Mecha	50% V/V	106	213	304	412
7	Fluazifop	Bomba de mochila	0.5 L/Ha	107	211	312	403
8	Fluazifop	Bomba de mochila	1.0 L/Ha	108	207	309	406
9	Fluazifop	Bomba de mochila	1.5 L/Ha	109	205	302	401
10	Fluazifop	Aplicador de Mecha	28% V/V	110	209	303	411
11	Fluazifop	Aplicador de Mecha	37% V/V	111	204	308	405
12	Fluazifop	Aplicador de Mecha	50% V/V	112	208	306	407
		Testigo		113	202	305	408

Nota: V/V: Volumen sobre volumen.

Anexo C

Concentraciones de los herbicidas según forma de aplicación.

Herbicida	Aplicador	Dosis/Concentración	Producto	Agua
Roundup 35,6 SL	Bomba de mochila	Baja	16 ml	1,984 ml
		Recomendada	24 ml	1,976 ml
		Alta	32 ml	1,968 ml
Fantasma 12,5 EC	Bomba de mochila	Baja	4 ml	1,996 ml
		Recomendada	8 ml	1,992 ml
		Alta	12 ml	1,988 ml
Roundup 35,6 SL	Mechero	Baja	146 ml	354 ml
		Recomendada	187 ml	313 ml
		Alta	250 ml	250 ml
Fantasma 12,5 EC	Mechero	Baja	146 ml	354 ml
		Recomendada	187 ml	313 ml
		Alta	250 ml	250 ml