UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ

CARRERA AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

EFECTO DEL ÁCIDO FOSFÓRICO COMBINADO CON GLIFOSATO PARA EL CONTROL DE *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis*, EN CONDICIONES CONTROLADAS

AUTOR

EVIA PACHAR BRYAN LIVINSTON

TUTOR

ING. ALVARADO AGUAYO ALLAN ALBERTO, MSc.

EL TRIUNFO, ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ

CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ING. ALVARADO AGUAYO ALLAN, MSc.**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EFECTO DEL ÁCIDO FOSFÓRICO COMBINADO CON GLIFOSATO PARA EL CONTROL DE *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis*, EN CONDICIONES CONTROLADAS**, realizado por el estudiante **EVIA PACHAR BRYAN LIVINSTON**; con cédula de identidad N°**0605952019** de la carrera **AGRONOMÍA**, Extensión Programa Regional de Enseñanza "Dr. Jacobo Bucaram Ortiz" - El Triunfo, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Alvarado Aguayo Allan Alberto, MSc.

El Triunfo, 18 de octubre de 2024

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ

CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación **EFECTO DEL ÁCIDO FOSFÓRICO COMBINADO CON GLIFOSATO PARA EL CONTROL DE *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis*, EN CONDICIONES CONTROLADAS**, realizado por el estudiante **EVIA PACHAR BRYAN LIVINSTON**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

_____

Ing. Gavilánez Luna Freddy, PhD.

PRESIDENTE

_____ _____

Ing. Peña Haro César, MSc. Ing. Pilaloa David Wilmer, MSc.

EXAMINADOR PRINCIPAL **EXAMINADOR PRINCIPAL**

El Triunfo, 18 de octubre de 2024

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a todas las personas que, de una u otra manera, han sido fundamentales en la culminación de esta tesis. En primer lugar, a mi padre, cuyo apoyo incondicional y sabios consejos me han guiado a lo largo de mi vida académica.

A mi querida abuela, cuyo amor y cariño han sido mi refugio en los momentos difíciles. Sus palabras de aliento y su fe inquebrantable en mí me han dado la fortaleza de seguir adelante.

A mi madre quien, a pesar de la distancia, muchas diferencias y los desafíos que hemos enfrentado la quiero mucho.

A mis compañeros de curso, especialmente a aquellos que me brindaron su ayuda directa en la elaboración de este proyecto, compartiendo conocimientos y ofreciendo su tiempo para discutir ideas y resolver dudas. Su apoyo ha sido esencial para el desarrollo de este trabajo.

A mis amistades por su constante ánimo durante este proceso. Gracias por estar ahí, escucharme y ofrecerme momentos de distracción y alegría, y por recordarme la importancia de equilibrar el estudio con el descanso y el esparcimiento. Su amistad es un pilar fundamental en mi vida.

A los conocidos y demás personas que, de alguna manera, han contribuido a mi crecimiento personal y académico. Aunque no los mencione a todos individualmente, sepan que cada palabra de aliento, cada gesto amable y cada consejo han sido significativos y han dejado una huella en mi camino.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Jacobo Bucaram Ortiz, creador y fundador de la Universidad Agraria del Ecuador, por haber establecido la institución en la que he podido formarme.

Quiero agradecer a mi tutor de tesis el Ing. Allan Alvarado Aguayo, MSc., por su guía y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Su experiencia, conocimientos y paciencia han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Su asesoría y profesionalismo han sido clave para la culminación exitosa de esta tesis.

A todos aquellos que, con su presencia y apoyo, han hecho posible la culminación de esta etapa. A cada uno de ustedes, les debo una parte de este logro y mi más sincero agradecimiento. Esta tesis es también un reflejo del impacto positivo que han tenido en mi vida y en mi formación profesional.

AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, **EVIA PACHAR BRYAN LIVINSTON**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **"EFECTO DEL ÁCIDO FOSFÓRICO COMBINADO CON GLIFOSATO PARA EL CONTROL DE *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis*, EN CONDICIONES CONTROLADAS"**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

EVIA PACHAR BRYAN LIVINSTON

C.I. 060595201-9

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN iii

Dedicatoria iv

Agradecimiento v

Autorización de Autoría Intelectual vi

RESUMEN ix

ABSTRACT xii

1. INTRODUCCIÓN 13

1.1 Antecedentes del problema 13

1.2 Planteamiento y formulación del problema 14

1.3 Justificación de la investigación 15

1.4 Delimitación de la investigación 16

1.5 Objetivo general 16

1.6 Objetivos específicos 16

1.7 Hipótesis 16

2. MARCO TEÓRICO 17

2.1 Estado del arte 17

2.2 Bases teóricas 19

2.3 Marco legal 25

3. MATERIALES Y MÉTODOS 27

3.1 Enfoque de la investigación 27

3.2 Metodología 27

3.3 Manejo del ensayo 30

4. RESULTADOS 32

4.1 Concentraciones de glifosato y ácido fosfórico en el tiempo requerido para el control de *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis* 32

4.2 Efecto de la mezcla de glifosato y ácido fosfórico sobre la biomasa de *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis*.....36

4.3 Respuesta de la mezcla de glifosato y ácido fosfórico en términos del efecto herbicida y tasa de recuperación de *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis* en un período de 45 días 38

5. DISCUSIÓN.....41

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44

6.1 Conclusiones 44

6.2 Recomendaciones 44

BIBLIOGRAFÍA.....46

ANEXOS.....54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamiento en estudio.....28

Tabla 2. Característica de la parcela.....30

Tabla 3. Esquema de análisis de varianza.....31

Tabla 4. Tiempo de muerte del tejido vegetal (días) 32

Tabla 5. Área foliar controlada (%) 34

Tabla 6. Biomasa (g) de *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis* 36

Tabla 7. Tasa de recuperación (%) de *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis* 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de investigación.....54

Figura 2. Croquis de campo.....60

Figura 3. Unidad experimental.....61

RESUMEN

La combinación de glifosato y ácido fosfórico representa una alternativa potencial para mejorar el control de malezas, sobre todo donde la resistencia al herbicida es un problema o se busca una reducción en su uso. El presente estudio evalúa la combinación de glifosato y ácido fosfórico como una estrategia potencial para mejorar el control de malezas en la agricultura. La investigación se centró en medir diferentes concentraciones de glifosato y ácido fosfórico en el tiempo requerido para el control de ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis***, determinar el efecto de la mezcla sobre la biomasa de estas especies y analizar la respuesta en términos de efecto herbicida y tasa de recuperación en un período de 45 días. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones, evaluando variables como tiempo de muerte del tejido vegetal, área foliar controlada, biomasa y tasa de recuperación. Los resultados demostraron que la combinación de glifosato y ácido fosfórico incrementa la eficacia del control, permitiendo reducir la dosis estándar de glifosato de 2000 cc/ha a 1000 cc/ha cuando se combina con 100 cc de ácido fosfórico, logrando casi un 100% de control a los 15 días en ambas especies. Se observó una reducción de biomasa y menor tasa de recuperación, especialmente en ***C. dactylon***. La combinación de ácido fosfórico y glifosato no solo proporciona un control más eficaz, sino que también podría contribuir a prácticas agrícolas más sostenibles al reducir la necesidad de aplicar grandes cantidades de herbicidas.

Palabras clave: *Ácido fosfórico, biomasa, control de malezas, glifosato, sostenibilidad*.

ABSTRACT

The combination of glyphosate and phosphoric acid offers a promising alternative for enhancing weed control, particularly in cases of herbicide resistance or where a reduction in usage is desired. This study evaluates this combination as a potential strategy for improving weed management in agriculture. The research focused on measuring different concentrations of glyphosate and phosphoric acid in controlling ***Cynodon dactylon*** and ***Calendula arvensis***, determining the effect on biomass, and analyzing the herbicidal response and recovery rate over a 45-day period. A randomized complete block design with four treatments and five replications was used, assessing variables such as plant tissue death time, leaf area control, biomass, and recovery rate. Results showed that the glyphosate-phosphoric acid mix increased control efficacy, allowing a reduction in the standard glyphosate dose from 2000 cc/ha to 1000 cc/ha when combined with 100 cc of phosphoric acid, achieving nearly 100% control within 15 days for both species. Biomass reduction and lower recovery rates were observed, particularly in ***C. dactylon***. This combination not only provides more effective control but also supports more sustainable agricultural practices by decreasing the need for large herbicide applications.

Keywords: *Biomass, glyphosate, phosphoric acid, sustainability, weed control.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

El glifosato es un herbicida ampliamente utilizado, efectivo en una variedad de situaciones. Se disuelve bien en agua, no suele infiltrarse en aguas subterráneas y no persiste mucho en el suelo. Sin embargo, en ciertos casos, puede estar presente en sistemas acuáticos debido a su naturaleza anfótera y alta polaridad, que se debe a grupos ácidos y básicos en su molécula (González y Fuentes, 2022).

Es importante en la agricultura por varias razones, elimina gran variedad de malezas y plantas no deseadas. Su acción no selectiva lo hace valioso para la limpieza de campos antes de la siembra, lo que ayuda a reducir la competencia de las malezas por los nutrientes y el espacio, aumenta la productividad agrícola al reducir la competencia con las malezas y tiende a degradarse rápidamente y no acumularse en el suelo (Delma, 2020).

El ácido fosfórico es un líquido incoloro que puede variar en concentración. Es un ácido fuerte que se utiliza en diversas industrias. En la industria alimentaria, se utiliza como acidulante y regulador de pH en refrescos y alimentos procesados. También tiene aplicaciones en la industria química, farmacéutica y metalúrgica, y puede reaccionar con bases para formar sales y agua. Es importante tener en cuenta su naturaleza corrosiva en concentraciones elevadas (Salazar y Villamizar, 2019).

El ácido fosfórico es esencial en las plantas debido a su capacidad para proporcionar fósforo, un nutriente vital. El fósforo desempeña un papel clave en la formación de moléculas de alta energía como el ATP, la respiración celular, la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, y el fortalecimiento de las raíces. Estas funciones metabólicas son esenciales para el crecimiento, desarrollo y salud de las plantas, lo que hace que el ácido fosfórico sea fundamental en la agricultura y la horticultura (Cruz, 2021).

La reducción del uso de herbicidas como estrategia agrícola busca disminuir la aplicación excesiva de productos químicos en el campo. Esto se logra a través de prácticas más sostenibles, como la agricultura de conservación, la rotación de cultivos y el uso selectivo de herbicidas, con el fin de minimizar los impactos

negativos en el medio ambiente y la salud, así como prevenir la resistencia de las malas hierbas a los herbicidas (Anaya et al. 2020).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El uso excesivo del glifosato tiene efectos nocivos en la biodiversidad. Entre los efectos más destacados se encuentra la contaminación del suelo y agua, pérdida de hábitats y disminución de especies no objetivo como polinizadores, ya que el glifosato puede persistir en el entorno durante períodos prolongados, alterando la composición y biodiversidad de los ecosistemas agrícolas y naturales. Su uso extensivo ha propiciado el desarrollo de malezas resistentes, lo que conlleva a una escalada al uso de herbicidas adicionales, aumentando así el impacto ambiental negativo (Goméz, 2023).

Los estudios sobre el uso de glifosato en malezas son cruciales para evaluar su eficacia en el control de estas plantas no deseadas. Estos estudios analizan la capacidad del glifosato para matar malezas, inhibir su crecimiento y prevenir su reproducción. También investigan la resistencia de algunas malezas al glifosato y buscan estrategias de manejo alternativas. Se estudian dosis y momentos de aplicación óptimos, así como el impacto del herbicida en los cultivos y el medio ambiente. Los resultados se utilizan para desarrollar mejores prácticas agrícolas y estrategias de manejo de malezas que sean efectivas y sostenibles. La investigación en este campo es continua debido a la evolución de la resistencia de las malezas y las preocupaciones ambientales en curso (Mestre, 2021).

El uso adecuado de glifosato dentro del manejo integrado de malezas debe considerar cómo este herbicida se incorpora en estrategias agrícolas más amplias para controlar las malezas de manera efectiva y sostenible. Es necesario optimizar las dosis, momentos de aplicación y métodos de uso del glifosato, al tiempo que consideran la rotación de cultivos, la diversificación de prácticas de manejo y la minimización de riesgos ambientales. El objetivo es desarrollar enfoques equilibrados que reduzcan la presión sobre el glifosato, prevengan la resistencia de las malezas y promuevan la agricultura sostenible (Simanca et al. 2023).

Los estudios sobre el uso del ácido fosfórico en las plantas se enfocan en su función como fuente de fósforo, un nutriente esencial. Estos estudios investigan

cómo el ácido fosfórico mejora la absorción de fósforo por parte de las plantas y ajusta el pH del suelo. Se evalúa su impacto en la producción de cultivos, la calidad de los productos agrícolas y la sostenibilidad agrícola. Además, se analiza su seguridad y la dosificación adecuada para evitar excesos. Estos estudios son fundamentales para guiar a los agricultores en el uso eficaz y responsable del ácido fosfórico, contribuyendo a una agricultura más eficiente y sostenible (Sánchez et al. 2021).

La mezcla de glifosato y ácido fosfórico se basa en la combinación de estos compuestos en aplicaciones agrícolas y de control de malezas. Es importante comprender cómo la mezcla de glifosato y ácido fosfórico puede mejorar la eficacia del herbicida en el control de malezas, especialmente en términos de absorción por parte de las plantas. Estos estudios son importantes para optimizar el uso de herbicidas y desarrollar estrategias de manejo de malezas más efectivas y sostenibles en la agricultura (Sánchez y Salome, 2019).

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del ácido fosfórico combinado con glifosato para el control de ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis***, en condiciones controladas, en la zona El Triunfo, Guayas, Ecuador?

1.3 Justificación de la investigación

La combinación de glifosato y ácido fosfórico representa una alternativa potencial para mejorar el control de malezas en la agricultura, particularmente en situaciones donde la resistencia al glifosato es un problema o se busca una reducción en el uso de herbicidas. El ácido fosfórico, al alterar el pH del medio, puede influir en la absorción y translocación del glifosato en las plantas objetivo. Esta acidificación puede potenciar la actividad del glifosato, lo que resulta en una mayor eficacia en la eliminación de malezas.

El problema de la resistencia de las malezas al glifosato es ampliamente conocido. La combinación con ácido fosfórico puede ser una estrategia efectiva para superar esta resistencia, mejorando la absorción y la acción del glifosato en las plantas resistentes. Además, la reducción de dosis es un beneficio significativo. Combinar herbicidas permite reducir la cantidad de cada uno, necesario para lograr el mismo efecto. Esto no solo promueve un uso más eficiente de los productos

químicos, sino que también puede disminuir los impactos ambientales y los costos para los agricultores.

Estos argumentos respaldan la necesidad de investigar y evaluar el efecto de la combinación entre glifosato y ácido fosfórico.

1.4 Delimitación de la investigación

Espacio: Cantón El Triunfo Hacienda Experimental El Vainillo con las coordenadas geográficas 2º20´35.4" (Sur) 79º31´49.6" (Oeste).

Tiempo: El trabajo abarcó un tiempo de tres meses.

Población: El trabajo de campo y experimental se llevó a cabo mediante el aporte de estudiante, docente guía, expertos referenciales.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto del ácido fosfórico combinado con glifosato para el control de ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis***, en condiciones controladas mediante un ensayo experimental en la zona El Triunfo, Ecuador.

1.6 Objetivos específicos

Medir diferentes concentraciones de glifosato y ácido fosfórico en el tiempo requerido para el control de ***C. dactylon*** y ***C. arvensis***.

Determinar el mejor efecto de la mezcla de glifosato y ácido fosfórico sobre la biomasa de ***C. dactylon*** y ***C. arvensis***.

Analizar la respuesta de la mezcla de glifosato y ácido fosfórico en términos del efecto herbicida y la tasa de recuperación de ***C. dactylon*** y ***C. arvensis*** en un período de 45 días.

1.7 Hipótesis

Al menos un tratamiento tiene mayor efecto en el control del glifosato mezclado con ácido fosfórico sobre las malezas ***C. dactylon*** y ***C. arvensis***, proporcionando una posible solución para disminuir el uso de herbicidas en la agricultura.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Existen varios estudios que abordan la efectividad del glifosato, variando según el tipo de maleza y las condiciones ambientales, así como la preocupante resistencia que algunas malezas han desarrollado a este herbicida, lo que ha llevado a la búsqueda de dosis más altas y alternativas. Actualmente, la tolerancia de los cultivos al glifosato, especialmente en cultivos modificados genéticamente para resistirlo, lo que permite el control de malezas sin dañar las plantas cultivadas, plantea preguntas sobre sus efectos a largo plazo en la agricultura y el medio ambiente (Patishtan et al. 2022).

Las malezas pueden representar un desafío significativo para los cultivos agrícolas al competir por nutrientes y recursos, lo que reduce la productividad de los campos. Hay debates sobre la eficacia del glifosato en el control selectivo de estas malezas, es decir, su capacidad para eliminar estas plantas no deseadas sin dañar los cultivos de interés. Esto puede tener un impacto significativo en la toma de decisiones de los agricultores en cuanto a la gestión de malezas en sus campos y en la búsqueda de métodos agrícolas sostenibles y eficientes (Pérez et al. 2021).

Los estudios de uso de glifosato en el manejo de malezas dicotiledóneas se han demostrado una mayor eficacia de este herbicida para eliminar estas malezas, las mismas que son más susceptibles que las monocotiledóneas. Es necesario utilizar dosis apropiadas y técnicas de aplicación eficientes para maximizar la eficacia del herbicida y minimizar el riesgo de resistencia de las malezas. Los resultados de estos estudios son fundamentales para mejorar la gestión de malezas en la agricultura y fomentar prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles (Campi, 2023).

Los herbicidas sistémicos son productos químicos que se absorben y se mueven dentro de las plantas, lo que les permite controlar las malezas en su totalidad. Los estudios se enfocan en evaluar la velocidad de acción de estos herbicidas, observando cuándo se manifiestan los efectos visibles en las malezas, como el amarilleo o la marchitez. Además, la duración del control, especie de maleza, las condiciones climáticas y la resistencia pueden influir en el tiempo necesario para eliminar las malezas. Esta información es esencial para una gestión

eficaz de las malezas y la toma de decisiones en la agricultura (Espinal y Gonzalo, 2020).

Los estudios sobre resistencia de malezas al glifosato son esenciales en la agricultura debido a la creciente capacidad de ciertas malezas para sobrevivir al herbicida glifosato. Esto se debe en gran medida al uso excesivo y prolongado del glifosato en la agricultura, lo que ha ejercido una presión de selección sobre las malezas, permitiendo que algunas desarrollen resistencia genética. Se han identificado varias especies de malezas resistentes, y se debe comprender los mecanismos que les permiten resistir el glifosato y desarrollar estrategias de manejo de resistencia, como la rotación de herbicidas y prácticas agrícolas sostenibles. La resistencia de las malezas al glifosato plantea desafíos significativos para la agricultura y la seguridad alimentaria a nivel global (Broce y López, 2021).

El ácido fosfórico es una valiosa fuente de fósforo en la agricultura, un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas. En la investigación agrícola, se enfatiza su papel como fertilizante, incluyendo la determinación de dosis apropiadas, su alta solubilidad que facilita la absorción por las plantas y cómo influye en el equilibrio de pH en el suelo. Su uso en la agrícola sostenible, busca reducir la contaminación del agua y la sobreexplotación de los recursos fosfóricos. También se investigan alternativas y tecnologías avanzadas para optimizar su aplicación, todo con el objetivo de mejorar la productividad agrícola de manera eficiente y responsable a largo plazo (Céspedes et al. 2023)

La mezcla de glifosato y ácido fosfórico puede ser una de las tendencias esenciales en la agricultura, ya que esta combinación puede incidir sobre la eficacia de los herbicidas y fertilizantes en la gestión de cultivos. Al mezclar glifosato, un herbicida común, con ácido fosfórico, una fuente de fósforo esencial, se pueden obtener beneficios agronómicos al proporcionar nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas mientras se controlan las malezas. Para conseguir mayor efectividad en el control de malezas es necesario ajustar las dosis o prácticas de aplicación. También se considera el impacto ambiental, especialmente en la calidad del agua y el suelo, y se busca garantizar que el uso de estas mezclas sea sostenible al reducir la dosis de herbicida (Gómez, 2023).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Características de las malezas monocotiledóneas

Las malezas monocotiledóneas son plantas no deseadas que presentan características distintivas. Sus hojas son generalmente largas y estrechas, con venas paralelas, lo que les da una apariencia de cinta o hierba. Estas malezas desarrollan un sistema de raíces fibrosas que se extienden ampliamente en el suelo, lo que les permite competir eficazmente por agua y nutrientes con las plantas cultivadas. Además, su capacidad de crecimiento rápido y adaptabilidad a diversas condiciones las convierte en competidores fuertes en la agricultura y los jardines (Ríos y Paredes, 2022).

Las malezas monocotiledóneas se reproducen principalmente a través de semillas, que pueden ser dispersadas por el viento, el agua, los animales o maquinaria agrícola. Esta capacidad de propagación las hace particularmente problemáticas en la agricultura, donde pueden reducir el rendimiento de los cultivos y aumentar los costos de producción. Algunas de estas malezas también han desarrollado resistencia a herbicidas comunes, lo que complica aún más su control y gestión (Cornejo et al. 2022).

Entre las especies de malezas monocotiledóneas comunes predominan especialmente las familias Poaceae y Cyperaceae. Identificar y controlar estas malezas es esencial para prevenir problemas de competencia y garantizar el crecimiento saludable de las plantas cultivadas. En la agricultura y la jardinería, se utilizan diversas estrategias de manejo, como la labranza, el uso de herbicidas selectivos y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles para minimizar su impacto negativo en los cultivos (Pinilla, 2019).

2.2.1.1. Descripción de *Cynodon dactylon*

Conocida como "grama bermuda" o "pasto bermuda", es una planta perenne, originaria de África. Se ha naturalizado en regiones cálidas y subtropicales, prosperando en suelos arenosos o arcillosos debido a su resistencia y adaptabilidad. Sus hojas son estrechas y puntiagudas, con bordes ásperos, y crece formando mechones densos con tallos rastreros. Es una especie de rápido crecimiento, posee un sistema de raíces fibrosas que contribuye a su resistencia a

la sequía. Se propaga tanto por semillas como por rizomas y estolones, formando densas alfombras de césped (Barrera, *et al,* 2019).

2.2.2 Características de las malezas dicotiledóneas

Las malezas dicotiledóneas son un grupo de plantas no deseadas que se distinguen por varias características notables. Sus hojas suelen ser más anchas y con venas reticuladas, a diferencia de las hojas largas y estrechas de las monocotiledóneas. Estas malezas desarrollan sistemas de raíces variados, que pueden ser raíces pivotantes o raíces fibrosas, dependiendo de la especie. Su sistema de venas en las hojas no es paralelo, lo que la diferencia de las monocotiledóneas (Muñoz, 2021).

Al igual que las malezas monocotiledóneas, las dicotiledóneas también se reproducen principalmente a través de semillas. Sin embargo, las semillas de las dicotiledóneas generalmente tienen dos hojas embrionarias, a diferencia de las monocotiledóneas que tienen una. Esto es una característica clave para diferenciar las dos clases de malezas. Las malezas dicotiledóneas pueden afectar cultivos de manera similar al competir por recursos esenciales, pero su respuesta a los herbicidas puede ser diferente, y algunas especies pueden ser más sensibles a ciertos productos químicos (Malaspina, 2022).

Entre las especies comunes de malezas dicotiledóneas más nocivas en el campo se incluyen familias como Convulvulaceae, Asteraceae, entre otras. Identificar y controlar estas malezas es esencial para mantener la salud de los cultivos y jardines. Las estrategias de manejo pueden incluir el uso de herbicidas selectivos, la labranza, la aplicación de mulch y la promoción de buenas prácticas agrícolas. La comprensión de las diferencias entre las malezas monocotiledóneas y dicotiledóneas es fundamental para un control efectivo y un manejo adecuado de estos invasores vegetales no deseados (Cabrera et al. 2020).

2.2.2.1. Descripción de *Calendula arvensis*

Calendula arvensis conocida como la "caléndula de campo", o "flor de muerto" es una planta anual de la familia Asteraceae. Esta planta silvestre es nativa de Europa y Asia occidental, pero se ha naturalizado en muchas partes del mundo. La planta ***C. arvensis*** se caracteriza por sus brillantes flores amarillas o anaranjadas, que tienen una forma similar a la de los dientes de león. Sus hojas

son lanceoladas y peludas. Esta planta es apreciada por su valor ornamental y por sus propiedades medicinales, ya que se utiliza en la medicina tradicional para tratar diversas afecciones de la piel y otros problemas de salud (Gómez et al. 2023).

2.2.3 Características químicas del glifosato

El glifosato es un herbicida ampliamente utilizado en la agricultura y la jardinería debido a su eficacia en el control de malezas. Químicamente, el glifosato es una molécula orgánica que pertenece a la familia de los fosfonatos. Su fórmula química es $C_3H_8NO_5P$, y su nombre químico completo es ácido N-(fosfonometil) glicina. Esta molécula es soluble en agua y se presenta en forma de sal en muchos productos comerciales de glifosato (Bohórquez, 2020).

El mecanismo de acción del glifosato se basa en su capacidad para inhibir una enzima clave en la síntesis de aminoácidos esenciales en las plantas, conocida como la enzima EPSP sintasa. Al bloquear esta enzima, el glifosato interfiere con la producción de aminoácidos aromáticos cruciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Esto lleva a la inhibición del crecimiento de las malezas y, finalmente, a su muerte. Debido a su modo de acción específico, el glifosato se considera un herbicida de amplio espectro, ya que afecta a una amplia variedad de plantas (Gilbón, 2023).

A lo largo de los años, el glifosato ha sido objeto de debate debido a preocupaciones sobre su posible impacto ambiental y la resistencia desarrollada por algunas malezas (García et al. 2021). Además, se ha discutido su seguridad para la salud humana. Se han realizado numerosos estudios científicos para evaluar su toxicidad y riesgos potenciales, y las opiniones varían según las fuentes. A pesar de las controversias, el glifosato sigue siendo uno de los herbicidas más utilizados en todo el mundo, aunque su uso y regulación varían según las regiones y los países (Lucero, 2021).

2.2.4 Historia del glifosato en la agricultura

El glifosato, cuya primera marca comercial fue Roundup, se desarrolló y patentó por la empresa Monsanto en el año 1970. Este herbicida se convirtió en una herramienta revolucionaria en la agricultura debido a su eficacia en el control de malezas. En la década de 1990, Monsanto lanzó cultivos transgénicos resistentes al glifosato, como la soya Roundup Ready, lo que permitió a los

agricultores aplicar el herbicida directamente sobre los cultivos sin dañarlos. Esta innovación condujo a un aumento significativo en la adopción de cultivos transgénicos y al uso generalizado de glifosato en la agricultura (Oña, 2022).

A medida que se incrementó el uso del glifosato, surgieron preocupaciones sobre la resistencia de las malezas al herbicida y su impacto ambiental. La resistencia de las malezas al glifosato se convirtió en un problema importante en algunos campos de cultivo, lo que llevó a la búsqueda de estrategias alternativas de manejo de malezas. Además, en los últimos años, el glifosato ha estado en el centro de la controversia debido a alegaciones sobre su posible vínculo con el cáncer en humanos. Estas preocupaciones condujeron a litigios y debates sobre la seguridad del herbicida (Cárcamo, 2020).

En 2018, Monsanto fue adquirida por Bayer, y la marca "Roundup" continuó siendo objeto de escrutinio. Se han llevado a cabo estudios científicos y evaluaciones de riesgos para determinar la seguridad del glifosato, pero las opiniones varían según las fuentes y los países. La historia del glifosato en la agricultura refleja su importancia en la producción de alimentos a nivel mundial, así como los desafíos y preocupaciones que han surgido en torno a su uso. La regulación y el debate sobre este herbicida continúan desempeñando un papel significativo en la agricultura y la seguridad alimentaria (Bejarano, 2020).

2.2.5 Problemas de resistencia de malezas al glifosato

La resistencia de las malezas al glifosato se ha convertido en un desafío creciente en la agricultura a nivel mundial. El glifosato, ampliamente utilizado debido a su eficacia y bajo impacto ambiental, ha sido una herramienta fundamental en el control de malezas. Sin embargo, con el tiempo, la sobrepoblación y el uso excesivo del glifosato han llevado al surgimiento de poblaciones de malezas resistentes. Estas malezas han evolucionado mecanismos que les permiten sobrevivir a la exposición al glifosato, lo que ha generado preocupaciones significativas en la sostenibilidad de la agricultura (Camargo y Romero, 2019).

Esta resistencia de malezas al glifosato se debe a varios factores interconectados. La presión de selección resultante del uso continuo y frecuente del glifosato es uno de los principales contribuyentes. Las malezas que sobreviven a las aplicaciones de glifosato pueden transmitir sus genes de resistencia a la

siguiente generación, lo que acelera la aparición de poblaciones resistentes. Además, la diversidad genética dentro de las poblaciones de malezas permite la existencia de individuos con resistencia inherente al herbicida. Los mecanismos de resistencia pueden variar según la especie de maleza e incluyen mutaciones en el sitio de acción del glifosato, sobreexpresión de genes específicos y segregación cromosómica (Pérez y Pérez, 2021).

La resistencia de las malezas al glifosato tiene consecuencias significativas en la agricultura y el medio ambiente. La disminución de la eficacia del glifosato significa que los agricultores a menudo deban recurrir a dosis más altas de glifosato para controlar las poblaciones de malezas resistentes, lo que aumenta los costos de producción. Además, el uso excesivo del glifosato puede tener impactos ambientales negativos. La lucha contra la resistencia de las malezas al glifosato impulsa la necesidad de desarrollar estrategias más sostenibles y diversificadas para el control de malezas en la agricultura, y destaca la importancia de la investigación en esta área para abordar este desafío en constante evolución (Beldomenico, 2021).

2.2.6 Función del ácido fosfórico en las plantas

El ácido fosfórico desempeña un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que es una fuente esencial de fósforo, uno de los macronutrientes vitales para su nutrición. En las plantas, el fósforo está involucrado en numerosos procesos bioquímicos esenciales, como la fotosíntesis, la respiración y la transferencia de energía. El ácido fosfórico en el suelo se convierte en iones fosfato, que las plantas absorben a través de sus raíces y transportan a través de sus tejidos para su utilización en la síntesis de moléculas como el ATP (Adenosín trifosfato) y el ADN (Ácido desoxirribonucleico) (Cumpa, 2021).

Además de su función en la producción de energía y la síntesis de ácidos nucleicos, el fósforo derivado del ácido fosfórico también es esencial en la formación y activación de enzimas clave en las plantas. Estas enzimas facilitan numerosos procesos metabólicos, incluyendo la conversión de azúcares en energía utilizable y la captura de dióxido de carbono durante la fotosíntesis. Asimismo, el fósforo desempeña un papel esencial en la formación de estructuras celulares, como las membranas celulares y las paredes celulares, que son fundamentales para el crecimiento y la resistencia de las plantas (Méndez, 2021).

La disponibilidad de ácido fosfórico en el suelo es un factor crítico para la salud y el rendimiento de las plantas. Cuando las plantas carecen de fósforo, pueden mostrar síntomas de deficiencia, como un crecimiento retardado, hojas de color verde oscuro o púrpura y una producción de frutos reducida. Por lo tanto, es común que los agricultores apliquen fertilizantes que contienen fósforo, a menudo en forma de fosfato, para mejorar la disponibilidad de este nutriente esencial en el suelo y promover un crecimiento saludable de las plantas. En resumen, el ácido fosfórico desempeña un papel esencial en la nutrición y el desarrollo de las plantas al proporcionar fósforo, un componente vital para numerosos procesos biológicos (Céron, 2019).

2.2.7 Importancia del ácido fosfórico en la agricultura

El ácido fosfórico desempeña un papel fundamental en la agricultura debido a su función como fuente esencial de fósforo, un macronutriente crítico para el crecimiento y desarrollo de las plantas. El fósforo es esencial en la síntesis de moléculas como el ATP (Adenosín trifosfato), que almacena y transfiere energía, y el ADN (Ácido desoxirribonucleico), que es crucial para la reproducción y la transferencia de información genética en las plantas. Sin fósforo adecuado, las plantas muestran un crecimiento retardado y una producción de cultivos insuficiente, lo que afecta la seguridad alimentaria y la economía agrícola (Morales et al. 2022).

La disponibilidad de fósforo en el suelo es esencial para el rendimiento de los cultivos, y en muchos casos, los suelos pueden carecer naturalmente de este nutriente vital. Por lo tanto, los agricultores utilizan fertilizantes que contienen ácido fosfórico u otras fuentes de fósforo para enriquecer el suelo y mejorar la salud de las plantas. Estos fertilizantes aportan fósforo en forma de fosfato, que es altamente soluble en agua y fácilmente absorbido por las raíces de las plantas, permitiendo un crecimiento óptimo y una mayor productividad agrícola (Gómez y Mero, 2021).

El ácido fosfórico también desempeña un papel importante en la sostenibilidad agrícola. La gestión adecuada de los nutrientes, incluido el fósforo, es esencial para minimizar la escorrentía de nutrientes en cuerpos de agua, lo que puede causar problemas de contaminación y eutrofización. Por lo tanto, la aplicación cuidadosa de ácido fosfórico y fertilizantes de fósforo es esencial para maximizar la eficiencia de uso de nutrientes en la agricultura y minimizar los

impactos ambientales negativos. En resumen, la importancia del ácido fosfórico en la agricultura radica en su papel crítico como fuente de fósforo para el crecimiento de las plantas, la mejora de la producción de cultivos y la sostenibilidad de la agricultura moderna (Ospina y Rubiano, 2019).

2.3 Marco legal

Es de interés público la preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país; establece un sistema nacional de áreas naturales protegidas y de esta manera garantiza un desarrollo sustentable (Ley de Gestión Ambiental y Biodiversidad, 2004).

El numeral 27 del artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador, determina el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza. Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional (Constitución Política de la República del Ecuador, 2008).

En lo ambiental, entendemos al medio ambiente no como una esfera distinta a la economía, política, sociedad o cultura(s), sino como su mismo sustrato, inextricablemente entendiendo al ser humano como una parte intégrame más de un todo natural. La garantía de estos derechos exige del manejo sustentable de los recursos por parte de las generaciones actuales, con el fin de garantizar un ambiente sano, digno y abundante para las generaciones futuras (Plan Nacional Para El Buen Vivir 2017 - 2021, 2017).

Art. 22.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería recomendará el uso de plaguicidas y productos afines cuando no existan enemigos naturales de las plagas a controlar o cuando su población sea muy baja y de acción poco significativa, propendiéndose a la utilización de productos biodegradables.

Art. 23.- Prohíbanse las aplicaciones aéreas en las que se utilicen plaguicidas y productos afines extremadamente tóxicos o peligrosos para el hombre, animales o cultivos agrícolas, aun cuando se usen en baja concentración en concordancia con lo dispuesto en la Ley y su reglamento (Ley de Comercializacion y Empleo de Plaguicidas, 2004).

Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas. Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales. Garantizar el acceso de las personas naturales y jurídicas a la información previa a la toma de decisiones de la administración pública,

relacionada con la protección del medio ambiente (Ley de Gestión Ambiental y Biodiversidad, 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación fue de tipo experimental, en la cual se buscó evaluar la interacción del ácido fosfórico con el glifosato, como medio de aumentar la eficiencia del herbicida. La información recolectada fue en el campo para determinar las variables propuestas.

3.1.2 Diseño de investigación

La presente investigación experimental expuso las variables en estudio y canalizó los resultados obtenidos en base a los diferentes tratamientos, para así determinar la veracidad de la información, permitiendo la obtención de resultados objetivos y replicables en el tiempo.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Mezcla de glifosato y ácido fosfórico

3.2.1.2. Variables dependientes

En este estudio se consideraron las siguientes variables: Tiempo de muerte del tejido vegetal (días), área foliar controlada (%), biomasa relacionada al efecto control (g) y tasa de recuperación (%).

3.2.1.2.1. Muerte del tejido vegetal (%)

Después de establecidas las malezas, se les dio un lapso de 21 días para que se desarrollen. Cumplido este tiempo se procedió a tratarlas con las mezclas de herbicida y ácido fosfórico, luego de lo cual se procedió a evaluar el tejido vegetal muerto a los 5, 10 y 15 días mediante el software de reconocimiento de imágenes Canopeo. Esto permitió determinar el tiempo en que cada tratamiento ocasiona la muerte del tejido vegetal con respecto al testigo. Se evaluaron por separado las especies ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis***.

3.2.1.2.2. Área foliar controlada (%)

Se determinó el porcentaje (%) de área foliar de ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis*** controlada por el efecto sistémico de la mezcla herbicida

utilizando el software de reconocimiento de imágenes Canopeo. Esta evaluación fue realizada a los 15 días, considerando el tiempo estándar en que el glifosato (testigo comercial) elimina las malezas. La diferencia de porcentaje de área foliar controlada permitió establecer la eficacia de los tratamientos.

3.2.4.2.5. Biomasa seca relacionada al efecto control (g)

Se cuantificó la biomasa de las plantas ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis*** tratadas con las mezclas de herbicida y ácido fosfórico, lo que permitió establecer la eficacia de los tratamientos. Esto se realizó a los 45 días después de la aplicación, tomando 15 plantas de ***C. dactylon*** y 15 plantas de ***C. arvensis*** al azar de cada unidad experimental, las cuales fueron pesadas en una balanza de precisión para obtener una medida promedio de la biomasa en gramos para cada tratamiento. La diferencia de masa entre tratamientos y entre plantas permitió determinar la eficacia de las mezclas de herbicida y ácido fosfórico sobre las especies vegetales tratadas.

3.2.4.2.6. Tasa de recuperación (%)

Transcurridos 45 días después de la aplicación del herbicida, se utilizó el software de reconocimiento de imágenes Canopeo para determinar el porcentaje de plantas con tejido vivo y brotes nuevos emitidos, lo cual permitió determinar la tasa de recuperación de las malezas ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis*** en el área de cada tratamiento.

3.2.2 Tratamientos

Tabla 1.

Tratamiento en estudio

N°	Factor A	Factor B	Momento de aplicación
1	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	Aplicación en post emergencia vía foliar, 21 días después del establecimiento
2	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	
3	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	
4	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	
5	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	
6	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	

En la Tabla 1 se describe la composición porcentual de los tratamientos evaluados.

Elaborado por: El Autor, 2025

3.2.3 Diseño experimental

Para este trabajo se utilizó el diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3x2, en el cual se formaron seis tratamientos indicados en la tabla 1. Cada uno se valoró a través de cuatro repeticiones con sus respectivas mezclas de glifosato y ácido fosfórico. La valoración de los datos estadístico se efectuó mediante el análisis de varianza. Para la interpretación de los datos recolectado en el campo se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Software de reconocimiento de imágenes

Equipos de medición (GPS, calculadora)

Equipo de aspersión (bomba de mochila)

Balanza de precisión

Glifosato

Ácido fosfórico

Fundas de polietileno

Agua

Cuaderno de apuntes y bolígrafo

Computadora con acceso a Internet

Impresora y resmas de papel

Memoria USB

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Los métodos y técnicas utilizadas se dieron de acuerdo al tipo de investigación. El detalle de cómo se realizó la recolección de datos aplicando las diferentes técnicas o métodos se detallan a continuación.

3.2.4.2.1. Selección del área

Los criterios de selección del área de estudio y las especies evaluadas en el ensayo se basaron en la predominancia de las malezas. Las condiciones del ensayo fueron controladas, estableciendo las malezas para evaluar sobre ellas el

efecto de los tratamientos. En el sitio del ensayo se delimitaron los respectivos tratamientos con sus respectivas repeticiones, mediante cintas cromáticas y letreros de identificación.

Tabla 2.

Característica de la parcela

Tipo de diseño	**AxB**
Número de tratamientos	6
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales	24
Ancho de la parcela	0,70 m
Longitud de la parcela	0,70 m
Distancia entre plantas	0,10 m
Distancia entre hileras	0,10 m
Distancia entre repeticiones	0,50 m
Área total de la unidad experimental	11,76 m^2
Área útil de la unidad experimental	0,49 m^2
Área total del ensayo	50,84 m^2
Área útil del ensayo	6,25 m^2

La Tabla 2 Contiene las especificaciones técnicas (medidas) de la parcela a ser utilizada.

Elaborado por: El Autor, 2025

3.3 Manejo del ensayo

3.3.1 Preparación del área y establecimiento de las malezas

Debido a que el trabajo se desarrolló en campo abierto y condiciones controladas, se utilizaron plántulas endémicas de la zona de estudio las mismas que tenían un máximo de 4 hojas. Las plantas seleccionadas para el estudio fueron una maleza monocotiledónea dominante de la zona (***Cynodon dactylon***, familia Poaceae) y una maleza dicotiledónea dominante de la zona (***Calendula arvensis***, familia Asteraceae). Estas fueron plantadas en las correspondientes unidades experimentales, en fundas de polietileno 6x12” separadas entre sí por 0,05m y tierra del lugar previamente esterilizada mediante método térmico. Se les proporcionó los

debidos cuidados (riego, deshierba, etc.) para asegurar el establecimiento de las malezas.

3.3.2 Criterios de aplicación de los tratamientos

Transcurridos 21 días de establecimiento se procedió a la aplicación de los tratamientos. El criterio de aplicación fue en post-emergencia, después de la emergencia de las malezas, pero antes de que alcancen un tamaño significativo. Se consideró el momento óptimo cuando las malezas estuvieron en su etapa de crecimiento activo, pero aún no habían alcanzado la madurez reproductiva, antes de que produzcan semillas.

La dosis y concentración de los tratamientos permitió evaluar el efecto en las especies evaluadas, y la aplicación se realizó en condiciones climáticas favorables, evitando vientos fuertes o lluvias que puedan afectar la eficacia del herbicida. Se procedió siguiendo las medidas de seguridad, como usar ropa, mascarilla y guantes de protección adecuados.

3.3.3 Análisis estadístico

Todos los datos que se obtuvieron del campo fueron sometidos al análisis de la varianza y la comparación de promedios se realizó con el test de Tukey, al 5% de probabilidad. El análisis de las medias de los datos de las variables estudiadas se realizó con el software Infostat.

Tabla 3.

Esquema de análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	5
Factor A (Dosis de glifosato)	2
Factor B (Ácido fosfórico)	1
Interacción AxB	2
Error experimental	18
Total	23

La Tabla 3 Muestra el esquema del análisis de la varianza.

Elaborado por: El Autor, 2025

4. RESULTADOS

4.1 Concentraciones de glifosato y ácido fosfórico en el tiempo requerido para el control de *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis*

4.1.1 Tiempo de muerte del tejido vegetal (días)

Se trataron las especies ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis*** evaluando el tejido vegetal muerto a los 5, 10 y 15 días mediante el software de reconocimiento de imágenes Canopeo, el mismo que permitió determinar el tiempo de muerte del tejido vegetal con respecto al testigo.

Tabla 4.

Muerte del tejido vegetal (%)

Factores		Muerte del tejido vegetal (%)		
		5 días	10 días	15 días
Factor A (Dosis de glifosato)				
A1 Glifosato 1000 cc/Ha		95,93a	99,14a	99,70a
a2 Glifosato 2000 cc/Ha		96,82a	99,36a	99,69a
a3 Glifosato 3000 cc/Ha		95,98a	97,88a	99,56a
Factor B (Ácido fosfórico)				
b1 Ácido fosfórico 100 cc		96,21a	98,72a	99,65a
b2 Ácido fosfórico 0 cc		96,27a	98,87a	99,64a
Interacción AxB				
a1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	95,23a	99,59a	99,80a
a2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	96,31a	99,30a	99,70a
a3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	97,11a	97,37a	99,45a
a1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	96,63a	98,79a	99,60a
a2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	97,33a	99,42a	99,67a
a3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	94,86a	98,39a	99,66a
CV		**2,65%**	**2,03%**	**0,38%**

La Tabla 4 describe el tiempo de muerte del tejido vegetal (%) con respecto a los días sucesivos a la aplicación de los tratamientos.

Elaborado por: El Autor, 2025

Al observar la tabla 4 en cuanto a la muerte del tejido vegetal a los 5 días, los resultados del Factor A son estadísticamente diferentes por lo que se aplicó el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Obteniendo el mejor valor numérico el A2 con 96.82a, seguido de el a3 con 95,98a y por último el a1 con 95,93. Mientras que los resultados del Factor B son estadísticamente iguales en cuanto a la muerte del tejido vegetal, obteniendo el mayor valor numérico el b2 con 96,27a, seguido de el b1 con 96,21a. Al observar la interacción AxB, el mejor promedio a los 5 días fue para la interacción a2 (Glifosato 2000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) con un valor de 97,33a. La segunda mejor interacción a los 5 días fue a2 (Glifosato 2000 cc/Ha) x b1 (100 cc Ácido fosfórico), con un valor de 96,31a. Seguido de la interacción a1 (Glifosato 1000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) tuvo un valor de 96,63a a los 5 días. Seguido de la interacción a3 (Glifosato 3000 cc/Ha) x B1 (100 cc Ácido fosfórico) presentó un valor de 97,11a a los 5 días. Seguido de la interacción a1 (Glifosato 1000 cc/Ha) x b2 (100 cc Ácido fosfórico) tuvo el menor valor a los 5 días, con 95,23a. Seguido de la interacción a3 (Glifosato 3000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) tuvo el menor valor a los 5 días, con 94,86a. El coeficiente de variación (CV) fue de 2,65% a los 5 días.

Al observar la tabla 4 en cuanto a la muerte del tejido vegetal a los 10 días, los resultados del Factor A son estadísticamente diferentes por lo que se aplico el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Obteniendo el mejor valor numérico el a2 con 99,36a, seguido de el a1 con 99,14a y por último el a3 con 97,88a. Mientras que los resultados del Factor B son estadísticamente iguales en cuanto a la muerte del tejido vegetal, obteniendo el mayor valor numérico el b2 con 98,87a, seguido de el b1 con 98,72a. Al observar la interacción AxB, la mejor promedio a los 10 días fue a1 (Glifosato 1000 cc/Ha) x b1 (100 cc Ácido fosfórico) con un valor de 99,59a. La segunda mejor interacción a los 10 días fue a2 (Glifosato 2000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) con un valor de 99,42a. Seguido de la interacción a1 (Glifosato 1000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) presentó un valor de 98,79a. Seguido de la interacción a3 (Glifosato 3000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) tuvo un valor de 98,39a. Seguido de la interacción a3 (Glifosato 3000 cc/Ha) x b2 (100 cc Ácido fosfórico) tuvo un valor de 97,37a. Seguido de la interacción

a2 (Glifosato 3000 cc/Ha) x b2 (100 cc Ácido fosfórico) tuvo un valor de 99,30a a los 10 días. El coeficiente de variación (CV) fue de 2,03% a los 10 días.

Al observar la tabla 4 en cuanto a la muerte del tejido vegetal a los 15 días, los resultados del Factor A son estadísticamente diferentes por lo que se aplicó el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Obteniendo el mejor valor numérico el a1 con 99,70a, seguido de el a2 con 99,69a y por último el a3 con 99,56. Mientras que los resultados del Factor B son estadísticamente iguales en cuanto a la muerte del tejido vegetal, obteniendo el mayor valor numérico el b1 con 99,65a, seguido de el b2 con 99,64a. Al observar la interacción AxB, la mejor promedio a los 15 días fue a1 (Glifosato 1000 cc/Ha) x b1 (100 cc Ácido fosfórico) con un valor de 99,80a. La segunda mejor interacción a los 15 días fue a2 (Glifosato 2000 cc/Ha) x b1 (100 cc Ácido fosfórico) con un valor de 99,70a. Seguido de la interacción a2 (Glifosato 2000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) tuvo un valor de 99,67a. Seguido de la interacción a3 (Glifosato 3000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) tuvo un valor de 99,66a. Seguido de la interacción a1 (Glifosato 1000 cc/Ha) x b2 (0 cc Ácido fosfórico) tuvo un valor de 99,60a. Seguido de la interacción a3 (Glifosato 3000 cc/Ha) x b2 (100 cc Ácido fosfórico) tuvo un valor de 99,45a a los 15 días. El coeficiente de variación (CV) fue de 0,38% a los 15 días.

4.1.2 Área foliar controlada (%)

Se trataron las especies ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis*** evaluando mediante el software de reconocimiento de imágenes Canopeo el área foliar muerta por la acción de los tratamientos a los 15 días después de la aplicación.

Tabla 5.

Área foliar controlada (%) para Cynodon dactylon y Calendula arvensis

Factores	Área foliar controlada (%)	
	C. dactylon	*C. arvensis*
Factor A (Dosis de glifosato)		
a1 Glifosato 1000 cc/Ha	99,69a	99,70a
a2 Glifosato 2000 cc/Ha	99,68a	99,69a

a3 Glifosato 3000 cc/Ha		99,55a	99,56a
Factor B (Ácido fosfórico)			
b1 Ácido fosfórico 100 cc		99,64a	99,65a
b2 Ácido fosfórico 0 cc		99,63a	99,64a
Interacción AxB			
a1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,79a	99,80a
a2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,69a	99,70a
a3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,44a	99,45a
a1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,59a	99,60a
a2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,66a	99,67a
a3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,65a	99,66a
CV		**0,38%**	**0,38%**

En la Tabla 5 se cuantifica el área foliar controlada por cada especie de maleza (%) a los 15 días de la aplicación de los tratamientos.

Elaborado por: El Autor, 2025

Al observar la tabla 5 en cuanto al área foliar controlada (%) de ***C. dactylon*** a los 15 días, los resultados del Factor A son estadísticamente iguales por lo que se aplicó el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Obteniendo el mejor valor numérico el a1 con 99,69a, seguido de el a2 con 99,68a y por último el a3 con 99,55a. Mientras que los resultados del Factor B son estadísticamente iguales en cuanto al área foliar controlada (%), obteniendo el mayor valor numérico el b1 con 99,64a, seguido de el b2 con 99,63a. Al observar la interacción AxB, el mejor promedio fue para la interacción a1b1 con un valor de 99,79a. La segunda mejor interacción fue a2b1 con un valor de 99,69a. Seguido de la interacción a3b1 con un valor de 99,44a. Seguido de la interacción a1b2 con un valor de 99,59a. Seguido de la interacción a2b2 con un valor de 99,66a. Seguido de la interacción a3b2 con un valor de 99,65a. El coeficiente de variación (CV) fue de 0,38%.

Al observar la tabla 5 en cuanto al área foliar controlada (%) de ***C. arvensis*** a los 15 días, los resultados del Factor A son estadísticamente iguales por lo que se aplicó el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Obteniendo el mejor valor numérico el a1 con 99,70a, seguido de el a2 con 99,69a y por último el a3 con 99,56a. Mientras que los resultados del Factor B son estadísticamente iguales en

cuanto al área foliar controlada (%), obteniendo el mayor valor numérico el b1 con 99,65a, seguido de el b2 con 99,64a. Al observar la interacción AxB, el mejor promedio fue para la interacción a1b1 con un valor de 99,80a. La segunda mejor interacción fue a2b1 con un valor de 99,70a. Seguido de la interacción a3b1 con un valor de 99,45a. Seguido de la interacción a1b2 con un valor de 99,60a. Seguido de la interacción a2b2 con un valor de 99,67a. Seguido de la interacción a3b2 con un valor de 99,66a. El coeficiente de variación (CV) fue de 0,38%.

4.2 Efecto de la mezcla de glifosato y ácido fosfórico sobre la biomasa de *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis*

4.2.1 Biomasa seca relacionada al efecto control (g)

Transcurridos 45 días después de la aplicación se cuantificó la biomasa de cinco plantas de ***Cynodon dactylon*** y cinco plantas de ***Calendula arvensis*** tratadas con las mezclas de herbicida y ácido fosfórico, para determinar la eficacia de las mezclas de herbicida y ácido fosfórico sobre las especies mencionadas.

Tabla 6.

Biomasa seca (g) de Cynodon dactylon y Calendula arvensis

Factores		Biomasa seca de cinco plantas (g)	
		C. dactylon	*C. arvensis*
Factor A (Dosis de glifosato)			
a1 Glifosato 1000 cc/Ha		0,44ab	0,16a
a2 Glifosato 2000 cc/Ha		0,32b	0,21a
a3 Glifosato 3000 cc/Ha		0,51a	0,18a
Factor B (Ácido fosfórico)			
b1 Ácido fosfórico 100 cc		0,50a	0,18a
b2 Ácido fosfórico 0 cc		0,35b	0,19a
Interacción AxB			
a1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,53ab	0,14a
a2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,32b	0,24a
a3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,64a	0,15a
a1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,35b	0,18a
a2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,33b	0,18a
a3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,38b	0,21a
CV		**25,48%**	**26,08%**

La Tabla 6 indica la biomasa (g) de cinco plantas de ***C. dactylon*** y ***C. arvensis***, transcurridos 45 días de la aplicación de los tratamientos

Elaborado por: El Autor, 2025

Al observar la tabla 6 en cuanto a la biomasa seca de cinco plantas (g) de ***C. dactylon***, los resultados del Factor A (Dosis de glifosato) son estadísticamente diferentes por lo que se aplicó el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Obteniendo el mejor valor numérico el a3 con 0,51a, seguido de el a1 con 0,44ab y por último el a2 con 0,32b. Mientras que los resultados del Factor B (Ácido fosfórico) son estadísticamente diferentes en cuanto a la biomasa seca de cinco plantas (g), obteniendo el mayor valor numérico el b1 con 0,50a y el menor valor numérico el b2 con 0,35b. Al observar la interacción AxB, el mejor promedio fue para la interacción a3b1 con un valor de 0,64a. La segunda mejor interacción fue a1b1 con un valor de 0,53ab. Seguido de la interacción a2b1 con un valor de 0,32b. Seguido de la interacción a3b2 con un valor de 0,38b. Seguido de la interacción a1b2 con un valor de 0,35b. Seguido de la interacción a2b2 con un valor de 0,33b. El coeficiente de variación (CV) fue de 25,48%.

Al observar la tabla 6 en cuanto a la biomasa seca de cinco plantas (g) de ***C. arvensis***, los resultados del Factor A (Dosis de glifosato) son estadísticamente iguales por lo que se aplicó el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Obteniendo el mejor valor numérico el a1 con 0,16a, seguido de el a2 con 0,21a y por último el a3 con 0,18a. Mientras que los resultados del Factor B (Ácido fosfórico) son estadísticamente iguales en cuanto a la biomasa seca de cinco plantas (g), obteniendo el mayor valor numérico el b1 con 0,18a y el menor valor numérico el b2 con 0,19a. Al observar la interacción AxB, el mejor promedio fue para la interacción a1b1 con un valor de 0,14a. La segunda mejor interacción fue a3b1 con un valor de 0,15a. Seguido de la interacción a2b1 con un valor de 0,24a. Seguido de la interacción a3b2 con un valor de 0,21a. Seguido de la interacción a1b2 con un valor de 0,18a. Seguido de la interacción a2b2 con un valor de 0,18a. El coeficiente de variación (CV) fue de 26,68%.

4.3 Respuesta de la mezcla de glifosato y ácido fosfórico en términos del efecto herbicida y tasa de recuperación de *Cynodon dactylon* y *Calendula arvensis* en un período de 45 días

4.3.1 Tasa de recuperación (%) de C. dactylon y C. arvensis

Transcurridos 45 días después de la aplicación de los tratamientos se cuantificó la tasa de recuperación (%) de ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis*** utilizando el software de reconocimiento de imágenes Canopeo, lo cual permitió determinar el porcentaje de plantas con tejido vivo y brotes nuevos emitidos.

Tabla 7.

Tasa de recuperación (%) de Cynodon dactylon y Calendula arvensis

Factores		Tasa de recuperación (%)	
		C. dactylon	*C. arvensis*
Factor A (Dosis de glifosato)			
a1 Glifosato 1000 cc/Ha		0,37a	0,36a
a2 Glifosato 2000 cc/Ha		0,28a	0,19b
a3 Glifosato 3000 cc/Ha		0,32a	0,22b
Factor B (Ácido fosfórico)			
b1 Ácido fosfórico 100 cc		0,05b	0,24a
b2 Ácido fosfórico 0 cc		0,60a	0,27a
Interacción AxB			
a1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,06b	0,35ab
a2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,03b	0,19bc
a3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	b1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,05b	0,18c
a1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,69a	0,37a
a2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,53a	0,18c
a3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	b2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,58a	0,26abc
CV		**23,12%**	**28,26%**

La tabla 7 indica la tasa de recuperación (%) de ***C. dactylon*** y ***C. arvensis*** transcurridos 45 días de la aplicación de los tratamientos

Elaborado por: El Autor, 2025

Al observar la tabla 7 en cuanto a la tasa de recuperación (%) de ***C. dactylon***, los resultados del Factor A (Dosis de glifosato) son estadísticamente diferentes por lo que se aplicó el test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Obteniendo el mejor valor numérico el a1 con 0,37a, seguido de el a3 con 0,32a y por último el a2 con 0,28a. Mientras que los resultados del Factor B (Ácido fosfórico) son estadísticamente diferentes en cuanto a la tasa de recuperación (%), obteniendo el mayor valor numérico el b2 con 0,60a y el menor valor numérico el b1 con 0,05b. Al observar la interacción AxB, el mejor promedio fue para la interacción a1b2 con un valor de 0,69a. La segunda mejor interacción fue a3b2 con un valor de 0,58a. Seguido de la interacción a2b2 con un valor de 0,53a. Seguido de la interacción a1b1 con un valor de 0,06b. Seguido de la interacción a2b1 con un valor de 0,03b. Seguido de la interacción a3b1 con un valor de 0,05b. El coeficiente de variación (CV) fue de 23,12%.

Al observar la tabla 7 en cuanto a la tasa de recuperación (%) de ***C. arvensis***, los resultados del Factor A (Dosis de glifosato) son estadísticamente diferentes por lo que se aplicó el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Obteniendo el mejor valor numérico el a1 con 0,36a, seguido de el a3 con 0,22b y por último el a2 con 0,19b. Mientras que los resultados del Factor B (Ácido fosfórico) son estadísticamente diferentes en cuanto a la tasa de recuperación (%), obteniendo el mayor valor numérico el b2 con 0,27a y el menor valor numérico el b1 con 0,24a. Al observar la interacción AxB, el mejor promedio fue para la interacción a1b2 con un valor de 0,37a. La segunda mejor interacción fue a3b2 con un valor de 0,26abc. Seguido de la interacción a2b2 con un valor de 0,18c. Seguido de la interacción a1b1 con un valor de 0,35ab. Seguido de la interacción a2b1 con un valor de 0,19bc. Seguido de la interacción a3b1 con un valor de 0,18c. El coeficiente de variación (CV) fue de 28,26%.

Tabla 8.

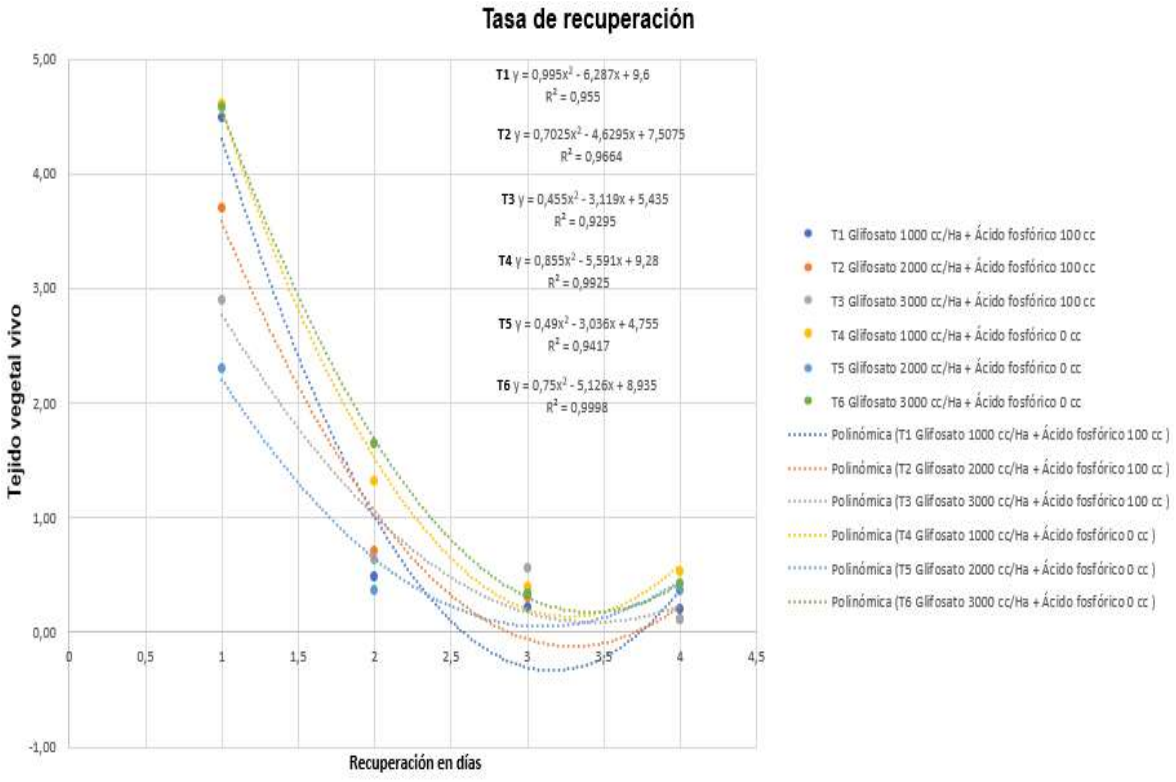
Tasa de recuperación (%) a los 5, 10, 15, 45 días

Días	Glifosato 1000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc	Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc	Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc	Glifosato 1000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc	Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc	Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc
5 Días	4,48	3,7	2,9	4,61	2,3	4,57
10 Días	0,49	0,7	0,63	1,32	0,37	1,65
15 Días	0,21	0,3	0,56	0,4	0,33	0,34
45 Días	0,2	0,11	0,11	0,53	0,36	0,42

Tasa de recuperación (%) transcurridos 5, 10, 15 y 45 días de la aplicación de los tratamientos

Elaborado por: El Autor, 2025

La tabla 8 presenta las tasas de recuperación (%) bajo seis tratamientos diferentes, medidos a los 5, 10, 15, y 45 días. Se puede observar una disminución significativa de la tasa de recuperación con el tiempo en todos los tratamientos. A los 5 días, las tasas de recuperación son relativamente altas, especialmente en los tratamientos con Glifosato 1000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc (4.61%) y Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc (4.57%). Sin embargo, para el día 10, todas las tasas disminuyen notablemente, con una recuperación más baja observada en el tratamiento con Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc (0.37%). A los 15 días, las tasas continúan disminuyendo, destacándose la baja recuperación en Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc (0.56%) y Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc (0.33%). Para el día 45, las tasas son las más bajas registradas, con los valores mínimos en Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc (0.11%) y Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc (0.11%). En términos específicos, los tratamientos con ácido fosfórico tienden a mostrar una disminución más consistente y pronunciada en las tasas de recuperación, mientras que los tratamientos sin ácido fosfórico presentan una leve estabilización o incluso un ligero aumento hacia los 45 días, como se observa en el tratamiento Glifosato 1000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc (0.53%) y Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc (0.42%).



Elaborado por: El Autor, 2025

En detalle en el T4 (Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc) se observa que a los 5,10,15 y 45 días mantiene un comportamiento polinómico representada por la ecuación y = 0,455x2 - 3,119x + 5,435 con un R^2 = 0,9295. Seguido del T6 (Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc) se observa que a los 5,10,15 y 45 días mantiene un comportamiento polinómico representada por la ecuación y = 0,75x^2 - 5,126x + 8,935 con un R^2 = 0,9998. Seguido del T5 (Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc) se observa que a los 5,10,15 y 45 días mantiene un comportamiento polinómico representada por la ecuación y = 0,49x^2 - 3,036x + 4,755 con un R^2 = 0,9417. Seguido del T3 (Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc) se observa que a los 5,10,15 y 45 días mantiene un comportamiento polinómico representada por la ecuación y = 0,455x^2 - 3,119x + 5,435 con un R^2 = 0,9295. Seguido del T2 (Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc) se observa que a los 5,10,15 y 45 días mantiene un comportamiento polinómico representada por la ecuación y = 0,7025x^2 - 4,6295x + 7,5075 con un R^2 = 0,9664. Y por último el T1 (Glifosato 1000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc) se observa que a los 5,10,15 y 45 días mantiene un comportamiento polinómico representada por la ecuación y = 0,995x^2 - 6,287x + 9,6 con un R^2 = 0,955.

5. DISCUSIÓN

De acuerdo con la hipótesis planteada, al menos un tratamiento tiene mayor efecto en el control del glifosato mezclado con ácido fosfórico sobre las malezas ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis***, proporcionando una posible solución para disminuir el uso de herbicidas, en base a los resultados obtenidos y contrastados con estudios afines existentes, se obtiene lo siguiente:

Esta investigación obtuvo que la combinación de glifosato con ácido fosfórico puede mejorar significativamente el control de las malezas ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis***. En particular, los tratamientos con 1000 cc de glifosato y 100 cc de ácido fosfórico mostraron una mayor eficacia en comparación con el uso de glifosato solo. Este hallazgo es consistente con estudios previos que han demostrado que el ácido fosfórico como coadyuvante puede mejorar la absorción y la eficacia de los herbicidas. Por ejemplo, un estudio realizado por Sobiech et al.

(2020), encontraron que la adición de ciertos adyuvantes a herbicidas aumentaba la penetración foliar y mejoraba la eficacia en el control de malezas.

Comparando los tratamientos de dosis comercial estándar en la zona (2000 cc/ha de glifosato), con y sin mezcla de ácido fosfórico, ambos son efectivos, pero mejores que los tratamientos que sobre dosifican al glifosato (3000 cc/ha). Este resultado sugiere que el ácido fosfórico puede modificar el pH de la solución de pulverización, mejorando la absorción del glifosato (Devkota, 2020). Este autor señala que la modificación del pH de la solución herbicida puede tener un impacto significativo en la absorción y efectividad del glifosato, lo cual respalda nuestros hallazgos.

En el caso de los tratamientos con 3000 cc/ha de glifosato no mostraron mayor eficacia, con y sin ácido fosfórico, demostrando que la sobre dosificación de herbicida no aumenta la eficacia, además de ser una práctica agrícola no sostenible. Este resultado concuerda con investigaciones previas donde se señala que aumentar las dosis excesivas de herbicidas para mejorar el control de malezas no solo son innecesarias, sino que pueden ser contraproducentes (Montoya, 2020). Estudios han demostrado que incrementar las dosis más allá de las recomendaciones no mejora significativamente la eficacia y puede llevar a una serie de problemas ambientales y de salud; además, el uso repetido y en altas dosis puede llevar al desarrollo de resistencia en las malezas, haciendo que el herbicida sea menos efectivo a largo plazo (Gomes et al. 2022). Por otra parte, un estudio de Palma et al. (2020), encontraron que la adición de coadyuvantes podía mejorar la eficacia del glifosato incluso a altas concentraciones.

La reducción del uso de glifosato es un objetivo importante en la agricultura sostenible. Los resultados de este estudio sugieren que la combinación de glifosato con ácido fosfórico redujo a la mitad la dosis de glifosato necesaria para un control efectivo de las malezas, siempre y cuando se combine con ácido fosfórico. Esto es afín a los hallazgos de Sameh et al. (2021), quienes demostraron que la combinación de herbicidas con ácido fosfórico permitió una reducción significativa en la dosis de herbicida utilizada sin comprometer la eficacia del control de las malezas; además, la reducción del uso de glifosato tiene importantes implicaciones ambientales y de salud. Las utilizaciones de menores dosis de glifosato pueden reducir la contaminación del suelo y del agua, así como el riesgo de toxicidad para

humanos y fauna, lo cual está en línea con los estudios de Brookes y Barfoot (2020), quienes destacan los beneficios ambientales de reducir el uso de herbicidas a través del uso de adyuvantes eficaces.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la efectividad del glifosato es mejor en malezas de hoja ancha (como el caso de ***Cynodon dactylon***), con respecto a malezas de hoja angosta (como ***Calendula arvensis***). Esto indica que la morfología de la hoja puede influir en la absorción y eficacia del herbicida, ya que las hojas anchas presentan una mayor superficie de contacto para la aplicación del glifosato, lo que facilita una absorción más eficiente del herbicida (Li et al. 2023). Sin embargo Pala (2020) indica que la efectividad del glifosato no está condicionada por el tipo de hoja de las malezas, ya sean de hoja angosta o de hoja ancha, sugiriendo que otros factores, como la dosis y las condiciones ambientales, pueden tener un impacto mayor en la efectividad del herbicida.

Sin embargo, es importante considerar las limitaciones del estudio. La respuesta de las malezas puede variar dependiendo de factores como el clima, el tipo de suelo y las prácticas agrícolas locales. Investigaciones futuras deben explorar la eficacia de estas combinaciones en diferentes condiciones ambientales y agrícolas. Estudios como el de Miroslav et al. (2020), han destacado la importancia de evaluar los herbicidas en diversas condiciones para garantizar su efectividad generalizada.

De lo anteriormente mencionado, se acepta la hipótesis planteada debido a que se pudo obtener alta eficacia de control de malezas reduciendo la dosis de glifosato y combinarlo con ácido fosfórico. Además, se demostró que es innecesario aumentar la dosis, debido a que no mejora el efecto de control.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Una vez analizados los resultados del ensayo, se concluye lo siguiente:

El glifosato es efectivo en el control de ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis***, y su eficacia aumenta con el tiempo. Pero combinado con ácido fosfórico muestra una mejora notable en la eficiencia de control. La dosis estándar (2000 cc/ha) se puede reducir a 1000 cc/ha cuando se combina con 100 cc de ácido fosfórico, logrando casi un 100% de control a los 15 días en ambas especies. La combinación de ácido fosfórico con glifosato contribuye a una mejora sustancial en la eficacia del control de las malezas, sin necesidad de aumentar la dosis.

La mezcla de glifosato y ácido fosfórico es efectiva para reducir la biomasa de ***C. dactylon*** y ***C. arvensis***, siendo la combinación de 2000 cc/ha de glifosato y 100 cc de ácido fosfórico la más eficaz para ***C. dactylon***. Para ***C. arvensis***, no hubo diferencias numéricas en biomasa, aunque la combinación de 1000 cc/ha de glifosato y 100 cc de ácido fosfórico registró la biomasa más baja.

La mezcla de glifosato y ácido fosfórico mostró una eficacia herbicida mejorada y una reducción significativa en la tasa de recuperación de ***C. dactylon*** y ***C. arvensis*** en un período de 45 días. Para ***C. dactylon***, las tasas de recuperación fueron más bajas en comparación con las aplicaciones sin ácido fosfórico, indicando mayor efectividad para el tratamiento combinado. En el caso de ***C. arvensis***, la mejora es menos consistente pero aún presente en los tratamientos combinados con ácido fosfórico.

6.2 Recomendaciones

Este ensayo propone las siguientes recomendaciones:

Se recomienda reducir la dosis estándar de glifosato a la mitad (1000 cc/ha) y combinarlo con 100 cc de ácido fosfórico para el control de ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis***, porque permite reducir los costos y el impacto ambiental.

Utilizar el glifosato combinado con ácido fosfórico para reducir la tasa de recuperación de las especies de malezas, lo cual asegura un manejo más eficiente de las malezas.

Realizar estudios adicionales que incluyan una gama más amplia de concentraciones de glifosato y ácido fosfórico, con el fin de identificar dosificaciones óptimas que proporcionen un control efectivo de las malezas en el menor tiempo posible, adaptando las aplicaciones según las condiciones específicas del campo.

Implementar un programa de monitoreo a largo plazo para evaluar la tasa de recuperación de ***Cynodon dactylon*** y ***Calendula arvensis*** después de los tratamientos con glifosato y ácido fosfórico. Esto permitirá ajustar las estrategias de manejo para mantener la efectividad del control y prevenir la resistencia de las malezas.

BIBLIOGRAFÍA

Anaya, C., Mier, M., Gimenez, T., Urdapilleta, J., y Ferguson, B. (2020). Retos y estrategias para la reducción del uso de plaguicidas en Chiapas, México, desde la perspectiva de las organizaciones de la sociedad civil. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 17*(1), 91-119. doi:https://doi.org/10.22231/asyd.v17i1.1324

Barrera, M., Cervera, G., Peña, L., Cobas, A., Peña, M., y Barquié, O. (2019). Población de arvenses en suelos tratados con diferentes técnicas de manejo en caña de azúcar. *Centro Agrícola, 46*(3), 76-85. Obtenido de http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n3/0253-5785-cag-46-03-76.pdf

Bejarano, F. (2020). *Las políticas gubernamentales de regulación del mercado de los plaguicidas en México y Brasil, 1982 A 2018 [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México].* Obtenido de https://ru.ceiich.unam.mx/handle/123456789/3892

Beldomenico, H. (2021). *Impacto de los plaguicidas en los alimentos, el ambiente y la salud en Argentina [Archivo PDF].* Obtenido de https://agenciatierraviva.com.ar/wp-content/uploads/2021/12/Informe_Plaguicidas_11_2021.pdf

Bohórquez, D. (2020). *Métodos analíticos para la determinación de Glifosato en matrices ambientales [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia].* Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77955

Broce, E., y López, R. (2021). *Resistencia de Malezas a Herbicidas en Latinoamérica y Métodos de Manejo: Revisión de Literatura [Tesis de Doctorado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano].* Obtenido de https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7038

Brookes, G., & Barfoot, P. (2020). Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2018: impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops y Food, 11*(4), 215-241. doi:https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1773198

Cabrera, D., Juárez, R., y Varela, A. (2020). Análisis de la comunidad de malezas en dos edades de corte del cultivo de caña de azúcar (Sacharum officinarum

L.). *Revista agronómica del noroeste argentino, 40*(1), 31-38. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttextypid=S2314-369X2020000100004

Camargo, F., y Romero, L. (2019). *"¿Dígame qué pasó?¡Este arroz no sirve!": Encuentros y aproximaciones al conocimiento agrícola de agroquímicos en San Marcos, Sucre [Monografía de Grado, Universidad del Rosario].* Obtenido de https://repository.urosario.edu.co/items/834ebff2-8f1f-4f51-902d-f3be4ac9d079

Campi, J. (2023). *Dinámica de los herbicidas en el suelo [Trabajo Complexivo, Universidad Técnica de Babahoyo].* Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14853

Cárcamo, M. (2020). *Los plaguicidas altamente peligrosos (PAP) en Uruguay.* RAPAL - Uruguay.

Céron, M. (2019). *Caracterización agronómica y determinación del tiempo térmico en las etapas inicales de mortiño (Vaccinium floribundum kunth) para prospección de producción forzada en la Hacienda El Prado IASA I - ESPE [Tesis de Grado, Universidad de las Fuerzas Armadas].* Obtenido de https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24808/1/T-IASA%20I-005610.pdf

Céspedes, C., González, E., y Ley, N. (2023). Diseño de una planta química para la obtención de ácido fosfórico basado en el estudio de la necesidad de productos fosfatados en Cuba. *Chemical Technology, 43*(2), 406-420. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextypid=S2224-61852023000200406

Constitución Política de la República del Ecuador. (20 de octubre de 2008). *Registro Oficial 449.*

Cornejo, A., Murrugarra, R., Palacin, P., y Romero, J. (2022). Composición de malezas y efecto de herbicidas en el cultivo de zanahoria (Daucus carota L.) var. Royal Chantenay en Huánuco. *Revista Investigación Agraria, 4*(1), 8-15. doi:https://doi.org/10.47840/ReInA.4.1.1372

Cruz, P. (2021). *Análisis del nutriente vegetal fósforo en los suelos amazónicos del departamento del Caquetá [Tesis de Grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD].* Obtenido de https://repository.unad.edu.co/handle/10596/43181

Cumpa, L. (2021). *Adaptación de rizobios y bacterias solubilizadoras de fosfato a condiciones salino-alcalinas para el desarrollo de biofertilizantes para Lotus tenuis e identificación de genes bacterianos [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de San Martín].* Obtenido de http://hdl.handle.net/10481/70168

Delma, L. (2020). *Estudio de métodos alternativos para la determinación del glifosato y otros plaguicidas de solución analítica compleja en matrices ambientales y alimentarias de interés prioritario regional [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Litoral].* Obtenido de https://hdl.handle.net/11185/5652

Devkota P, J. W. (2020). Efficacy of dicamba and glyphosate as influenced by carrier water pH and hardness. *Weed Technology, 34*(1), 101-106. doi:https://doi.org/10.1017/wet.2019.110

Espinal, L., y Gonzalo, R. (2020). *Estudio de casos de intoxicación relacionados a herbicidas y plaguicidas de grupos agroquímicos organofosforado, carbamato y bipiridilo notificados en el Departamento de Sanidad Vegetal [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña].* Obtenido de https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/3426

García, D; Hernández, R y Romero, H. (2021). Uso del glifosato en México. Problemas ecológicos e implicaciones éticas. *Revista Iberoamericana de Bioética, 17*(7), 01-12. doi:https://doi.org/10.14422/rib.i17.y2021.007

Gilbón, V. (2023). *Mecanismos de acción de los herbicidas generadores de especies reactivas de oxígeno de uso en México [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México].* Obtenido de https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000837601/3/0837601.pdf

Gomes, C., Silva, T., Andreani, & Silva, A. (2022). Glyphosate vs. glyphosate-based herbicides exposure: A review on their toxicity. *Journal of Xenobiotics, 12*(1), 21-40. doi:https://doi.org/10.3390%2Fjox12010003

Gómez, A. (2023). *Alternativas de solución para la afectación ambiental por el uso del glifosato en Colombia [Tesis de Grado, Universidad Antonio Nariño].* Obtenido de http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/7433

Goméz, B. (2023). *Impacto ambiental por uso y manejo de plaguicidas químicos en cultivo de manzanas variedad San Antonio - Antioquia [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal].* Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.13084/8141

Gómez, I., y Mero, K. (2021). *Aplicación compuesta de abono orgánico y fertilizantes para reducir costos de producción en los cultivos de arroz de la provincia del Guayas [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].* Obtenido de http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53188

Gómez, J., Guzmán, G., y Soriano, M. (2023). *Asesoramiento para investigación colaborativa en control de erosión en olivar a diferentes escalas [Informe de Conclusiones, Universidad de Córdoba].* Obtenido de http://hdl.handle.net/10261/310007

González, E., y Fuentes, M. (2022). Dinámica del glifosato en el suelo y sus efectos en la microbiota. *Revista internacional de la contaminación ambiental, 38*, 127-144. doi:https://doi.org/10.20937/rica.54197

Jurado, J. (2020). Usos y efectos del glifosato en Colombia. *Boletín Informativo CEI, 7*(1), 145-146. Obtenido de https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/2223/2434

Ley de Comercializacion y Empleo de Plaguicidas. (16 de abril de 2004). *Registro Oficial Suplemento 315.*

Ley de Gestión Ambiental y Biodiversidad. (10 de septiembre de 2004). *Registro Oficial Suplemento 418.*

Li, Z., Zhang, X., Wang, Y., Zheng, Z., Zhang, C., Wu, T., & Du, F. (2023). Improved method to characterize leaf surfaces, guide adjuvant selection, and improve glyphosate efficacy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71*(3), 1348-1359. doi:https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c05622

Lucero, P. (2021). *Transformaciones territoriales, estrategias de resistencia e integración durante la consolidación del agronegocio en el Partido de Junín, Provincia de Buenos Aires, entre 1996-2016 [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata].* Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/128195

Malaspina, M. (2022). *Cultivos de cobertura como estrategia agroecológica para el manejo de malezas en sistemas [Tesis de Magíster, Universidad Nacional del Sur].* Obtenido de https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/6263

Méndez, E. (2021). *Modelación de la producción de biogás a partir de la co-digestión de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y lodos de purga de aguas residuales [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México].* Obtenido de https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000806621/3/0806621

Mestre, A. (2021). *Evaluación del efecto inmunotóxico de plaguicidas de uso agrícola en Salvator merianae (iguana overa) como biomonitor de contaminación ambiental [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Litoral].* Obtenido de https://hdl.handle.net/11185/5857

Miroslav, J., Martin, K., Michaela, K., & Lukáš, T. (2020). Effect of different soil and weather conditions on efficacy, selectivity and dissipation of herbicides in sunflower. *Plant, Soil and Environment, 66*(9), 468–476. doi:https://doi.org/10.17221/223/2020-PSE

Montoya, B. (2020). *Resistencia de malezas a la aplicación de herbicidas inhibidores de la enzima acetil coenzima-A carboxilasa (ACCasa) [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].* Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8414/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000267.pdf?sequence=1yisAllowed=y

Morales, E., Martínez, A., López, J., Castillo, A., y Arriaga, M. (2022). Los fosfitos y sus aplicaciones en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 13*(2), 345-354. doi:https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2906

Muñoz, T. (2021). *Incidencia de las malezas nocivas en el cultivo de cacao [Exámen de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].* Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9230

Navarrete, F., Weber, C., Lencina, A., y Acciaresi, H. A. (2019). Detección y discriminación óptica de malezas con resistencia/tolerancia comprobada al herbicida glifosato en maiz, soja y trigo. *Investigación Joven, 6*, 23-24. Obtenido de https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/95206/Documento_completo.pdf?sequence=1

Oña, F. (2022). *Evaluación de los impactos socioambientales en la producción de soja transgénica en Argentina [Tesis de Grado, Universidad Católica del Ecuador].* Obtenido de https://repositorio.puce.edu.ec/items/c2791949-fac8-4450-bb29-249b3b9cad84

Ospina, J., y Rubiano, J. (2019). *Evaluación de bio-estimulantes en la propagación intensiva de semilla plátano Dominico Hartón en almácigo bajo cubierta plástica [Tesis de Grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].* Obtenido de https://repository.unad.edu.co/handle/10596/26655

Pala, F. (2020). The effect of different weed management on weeds and grape yield in vineyards. *Fresenius Environ, 29*, 766-772. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/338924604_The_effect_of_different_weed_management_on_weeds_and_grape_yield_in_vineyards

Palma, C., Vazquez-Garcia, J., Travlos, I., Tataridas, A., Kanatas, P., Domínguez-Valenzuela, J., & De Prado, R. (2020). Effect of Adjuvant on Glyphosate Effectiveness, Retention, Absorption and Translocation in Lolium rigidum and Conyza canadensis. *Plants, 9*(3), 297-308. doi:https://doi.org/10.3390/plants9030297

Patishtan, J., Cisneros, M., Espinosa, M., Felipe, M., y Pérez, V. (2022). Control de maleza con herbicidas orgánicos alternativos al glifosato en la Huasteca de San Luis Potosí. *XLIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza -*

Sociedad mexicana de la ciencia de la maleza, 95, 51-252. Obtenido de https://somecima.com/wp-content/uploads/2022/11/Memoria_SOMECIMA_2022.pdf#page=51

Pérez, J., y Pérez, S. (2021). Decisiones e impactos ante el avance de malezas resistentes a herbicidas. *Investigación Joven, 8*(2), 18-25. Obtenido de https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/12853

Pérez, M., Duménigo, A., González, B., Gibert, J., y Batista, Y. (2021). Desarrollo de formulaciones del herbicida glufosinato de amonio. *Centro Azúcar, 48*(2), 1-10. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextypid=S2223-48612021000200001

Pinilla, L. (2019). Reconocimiento fenotípico de plántulas de malezas comunes en Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias, 2*(1), 63-72. Obtenido de https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/1066

Plan Nacional Para El Buen Vivir 2017 - 2021. (08 de septiembre de 2017). *Resolución No. CNP-002-2017.*

Ríos, J., y Paredes, A. (2022). *Efecto del vinagre de noni como herbicida orgánico, en plantas herbáceas monocotiledóneas y dicotiledóneas, distrito Juan Guerra 2022 [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo].* Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/117184

Salazar, I., y Villamizar, J. (2019). *Evaluación de la obtención de bioetanol partiendo de la fermentación de los azúcares concentrados en las bebidas gaseosas carbonatadas vencidas por medio de Saccharomyces cerevisiae [Tesis de Grado, Fundación Universidad de América].* Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.11839/7404

Sameh, H., F., M., Emad, M., & Hassan, K. (2021). Efficiency of Certain Herbicides and Adjuvants Combinations Against Weeds in Wheat Fields. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology y Pest Control, 13*(1), 1-14. doi:https://doi.org/10.21608/eajbsf.2021.138339

Sánchez, H., De La Cruz, M., Nápoles, M., y Castillo, F. (2021). Evaluación del uso de inhibidores de corrosión en el decapado ácido de una planta galvánica. *Revista Tayacaja, 4*(1), 62-72. doi:https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i1.153

Sánchez, S., y Salome, M. (2019). *Evaluación del riesgo químico en cultivo del maíz (Zea mays) como factor importante de la seguridad alimentaria en el Corregimiento de Lídice, distrito de Capira [Tesis de Grado, Universidad Especializada de las Américas].* Obtenido de http://repositorio2.udelas.ac.pa/handle/123456789/266

Simanca, F., Páez, J., Díaz, E., y Vicente, J. (2023). *La agricultura de precisión y herramientas TIC de apoyo.* Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia.

Sobiech, Ł., Grzanka, M., Skrzypczak, G., Idziak, R., Wlodarczak, S., & Ochowiak, M. (2020). Effect of Adjuvants and pH Adjuster on the Efficacy of Sulcotrione Herbicide. *Agronomy, 10*(4), 12. doi:https://doi.org/10.3390/agronomy10040530

ANEXOS

Figura 1.

Ubicación del área de investigación

Fuente: Google Maps, 2025

Anexo 2.

Medición de parcelas

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo 3.

Siembra de malezas

Elaborado por: El autor, 2025

Anexo 4.

Mezcla de tratamientos

Elaborado por: El autor, 2025

Anexo 5.

Aplicación de tratamientos

Elaborado por: El autor, 2025

Anexo 6.

Recolección de datos a los 5 días

Elaborado por: El autor, 2025

Anexo 7.

Recolección de datos a los 10 días

Elaborado por: El autor, 2025

Anexo 8.

Recolección de datos a los 15 días (Visita Docente tutor)

Elaborado por: El autor, 2025

Anexo 9.

Área foliar controlada (%) (Visita Docente tutor)

Elaborado por: El autor, 2025

Anexo 10.

Biomasa relacionada al efecto control (g)

Elaborado por: El autor, 2025

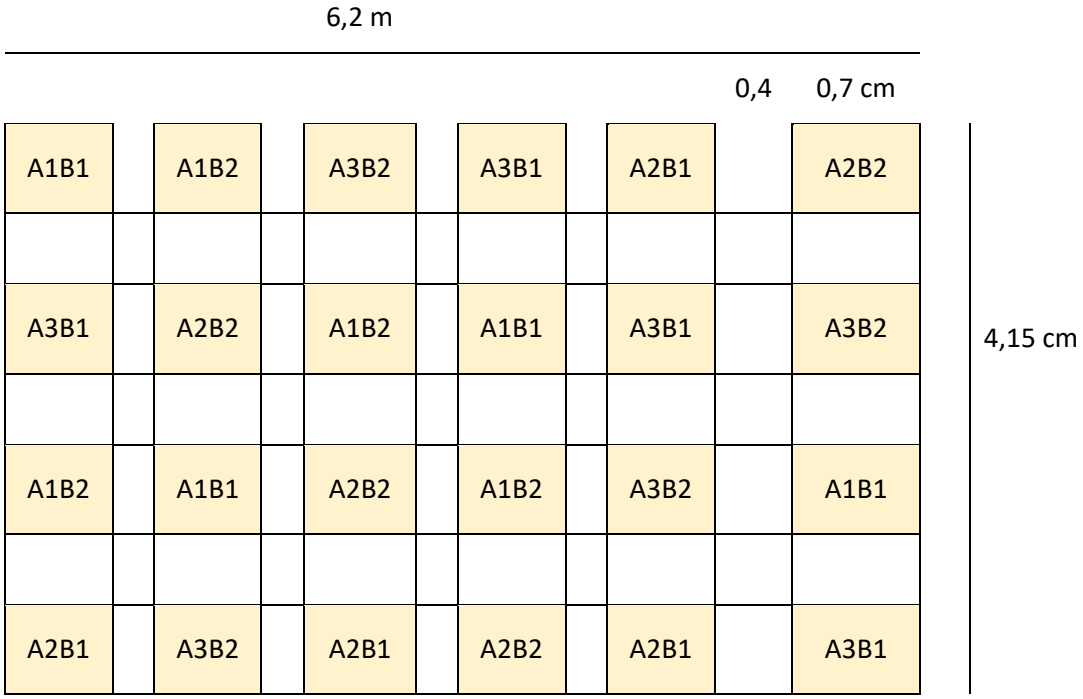
Anexo 11.

Tasa de recuperación de malezas

Elaborado por: El autor, 2025

Figura 2.

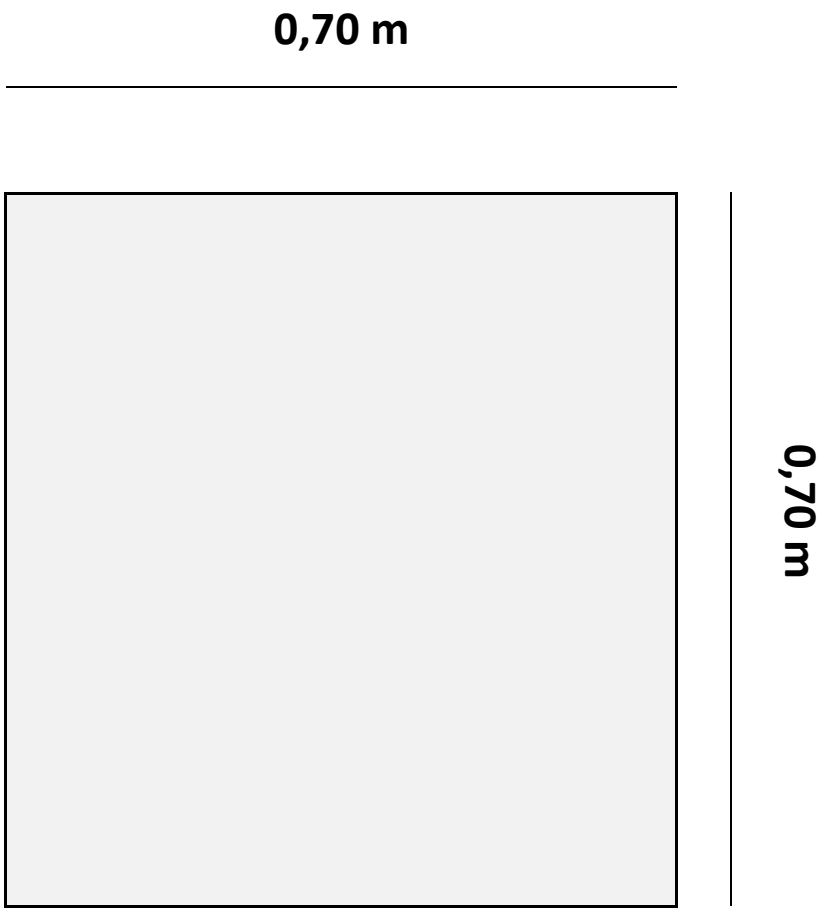
Croquis de campo



Elaborado por: El Autor, 2025

Figura 3.

Unidad experimental



Elaborado por: El Autor, 2025

Tabla 8.

Tiempo de muerte del tejido vegetal a los 5 días

N°	Factor A	Factor B	Repeticiones				
			1	2	3	4	Promedio
1	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	92,19	96,51	96,99	95,23	95,23a
2	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	94,81	96,19	95,51	98,71	96,31a
3	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	92,64	96,73	99,47	99,58	97,11a
4	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	94,36	93,74	98,68	99,75	96,63a
5	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,3	93,44	98,23	98,33	97,33a
6	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	92,23	94,95	94,71	97,54	94,86a

Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis de la varianza

MTV (%) 5 días

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
MTV (%) 5 días	24	0,15	0,00	2,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,06	5	4,01	0,62	0,6877
Factor A	3,94	2	1,97	0,30	0,7418
Factor B	0,02	1	0,02	3,1E-03	0,9559
Factor A*Factor B	16,10	2	8,05	1,24	0,3130
Error	116,83	18	6,49		
Total	136,89	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,25105

Error: 6,4907 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.	
a2: G-2000	96,82	8	0,90	A
a3: G-3000	95,98	8	0,90	A
a1: G-1000	95,93	8	0,90	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,18514

Error: 6,4907 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.	
b2: AF-0	96,27	12	0,74	A
b1: AF-100	96,21	12	0,74	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,72518

Error: 6,4907 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
a2: G-2000	b2: AF-0	97,33	4	1,27	A
a3: G-3000	b1: AF-100	97,11	4	1,27	A

a1: G-1000 b2: AF-0	96,63	4	1,27	A	
a2: G-2000 b1: AF-100	96,31	4	1,27	A	
a1: G-1000 b1: AF-100	95,23	4	1,27	A	
a3: G-3000 b2: AF-0	94,86	4	1,27	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 9.

Tiempo de muerte del tejido vegetal a los 10 días

N°	Factor A	Factor B	Repeticiones				
			1	2	3	4	Promedio
1	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,52	99,6	99,32	99,9	99,59a
2	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,32	99,3	98,84	99,73	99,30a
3	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	98,75	91,1	99,87	99,77	97,37a
4	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,89	95,81	99,46	99,99	98,79a
5	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,85	98,99	99,14	99,7	99,42a
6	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	96,47	98,13	99,47	99,48	98,39a

Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis de la varianza

MTV (%) 10 días

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
MTV (%) 10 días	24	0,16	0,00	2,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13,82	5	2,76	0,69	0,6393
Factor A	10,46	2	5,23	1,30	0,2969
Factor B	0,08	1	0,08	0,02	0,8915
Factor A*Factor B	3,29	2	1,64	0,41	0,6708
Error	72,41	18	4,02		
Total	86,24	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,55946

Error: 4,0229 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.	
a2: G-2000	99,36	8	0,71	A
a1: G-1000	99,19	8	0,71	A
a3: G-3000	97,88	8	0,71	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,72030

Error: 4,0229 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.	
b2: AF-0	98,87	12	0,58	A
b1: AF-100	98,75	12	0,58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,50727

Error: 4,0229 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
a1: G-1000	b1: AF-100	99,59	4	1,00	A
a2: G-2000	b2: AF-0	99,42	4	1,00	A
a2: G-2000	b1: AF-100	99,30	4	1,00	A
a1: G-1000	b2: AF-0	98,79	4	1,00	A
a3: G-3000	b2: AF-0	98,39	4	1,00	A
a3: G-3000	b1: AF-100	97,37	4	1,00	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 10.

Tiempo de muerte del tejido vegetal a los 15 días

N°	Factor A	Factor B	Repeticiones				
			1	2	3	4	Promedio
1	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,97	99,86	99,81	99,54	99,80a
2	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,73	99,95	99,78	99,34	99,70a
3	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	98,58	99,81	99,45	99,96	99,45a
4	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,77	98,88	99,95	99,79	99,60a
5	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,22	99,74	99,9	99,83	99,67a
6	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,73	99,85	99,5	99,56	99,66a

Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis de la varianza

MTV (%) 15 días

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
MTV (%) 15 días	24	0,10	0,00	0,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,27	5	0,05	0,38	0,8542
Factor A	0,10	2	0,05	0,36	0,7054
Factor B	1,5E-04	1	1,5E-04	1,1E-03	0,9742
Factor A*Factor B	0,17	2	0,08	0,60	0,5595
Error	2,51	18	0,14		
Total	2,78	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47694

Error: 0,1397 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.	
a1: G-1000	99,70	8	0,13	A
a2: G-2000	99,69	8	0,13	A
a3: G-3000	99,56	8	0,13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32057

Error: 0,1397 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.	
b1: AF-100	99,65	12	0,11	A
b2: AF-0	99,64	12	0,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,83990

Error: 0,1397 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
a1: G-1000	b1: AF-100	99,80	4	0,19	A
a2: G-2000	b1: AF-100	99,70	4	0,19	A
a2: G-2000	b2: AF-0	99,67	4	0,19	A
a3: G-3000	b2: AF-0	99,66	4	0,19	A
a1: G-1000	b2: AF-0	99,60	4	0,19	A
a3: G-3000	b1: AF-100	99,45	4	0,19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 11.

Área foliar controlada (%) para Cynodon dactylon y Calendula arvensis

N°	Factor A	Factor B	Área foliar controlada (%) *C. dactylon*	Área foliar controlada (%) *C. arvensis*
1	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,79a	99,80a
2	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,69a	99,70a
3	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	99,44a	99,45a
4	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,59a	99,60a
5	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,66a	99,67a
6	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	99,65a	99,66a
	CV		**0,38%**	**0,38%**

Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis de la varianza

AFC C. dactylon

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
AFC C. dactylon	24	0,10	0,00	0,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,27	5	0,05	0,38	0,8542
Factor A	0,10	2	0,05	0,36	0,7054
Factor B	1,5E-04	1	1,5E-04	1,1E-03	0,9742
Factor A*Factor B	0,17	2	0,08	0,60	0,5595
Error	2,51	18	0,14		
Total	2,78	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47694

Error: 0,1397 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.	
a1: G-1000	99,69	8	0,13	A
a2: G-2000	99,68	8	0,13	A
a3: G-3000	99,55	8	0,13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32057

Error: 0,1397 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.	
b1: AF-100	99,64	12	0,11	A
b2: AF-0	99,63	12	0,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,83990

Error: 0,1397 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
a1: G-1000	b1: AF-100	99,79	4	0,19	A
a2: G-2000	b1: AF-100	99,69	4	0,19	A
a2: G-2000	b2: AF-0	99,66	4	0,19	A
a3: G-3000	b2: AF-0	99,65	4	0,19	A
a1: G-1000	b2: AF-0	99,59	4	0,19	A
a3: G-3000	b1: AF-100	99,44	4	0,19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

AFC C. arvensis

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
AFC C. arvensis	24	0,10	0,00	0,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,27	5	0,05	0,38	0,8542
Factor A	0,10	2	0,05	0,36	0,7054
Factor B	1,5E-04	1	1,5E-04	1,1E-03	0,9742
Factor A*Factor B	0,17	2	0,08	0,60	0,5595
Error	2,51	18	0,14		
Total	2,78	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47694

Error: 0,1397 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.	
a1: G-1000	99,70	8	0,13	A
a2: G-2000	99,69	8	0,13	A
a3: G-3000	99,56	8	0,13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32057

Error: 0,1397 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.	
b1: AF-100	99,65	12	0,11	A
b2: AF-0	99,64	12	0,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,83990

Error: 0,1397 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
a1: G-1000	b1: AF-100	99,80	4	0,19	A
a2: G-2000	b1: AF-100	99,70	4	0,19	A
a2: G-2000	b2: AF-0	99,67	4	0,19	A
a3: G-3000	b2: AF-0	99,66	4	0,19	A
a1: G-1000	b2: AF-0	99,60	4	0,19	A
a3: G-3000	b1: AF-100	99,45	4	0,19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 12.

Biomasa seca (g) de Cynodon dactylon y Calendula arvensis

N°	Factor A	Factor B	Biomasa seca de cinco plantas (g)

			C. dactylon	*C. arvensis*
1	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,53ab	0,14a
2	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,32a	0,24a
3	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,64b	0,15a
4	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,35a	0,18a
5	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,33a	0,18a
6	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,38a	0,21a
	CV		**25,48%**	**26,08%**

Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis de la varianza

Biom C. dactylon

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Biom C. dactylon	24	0,62	0,51	25,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,34	5	0,07	5,87	0,0022
Factor A	0,14	2	0,07	5,93	0,0105
Factor B	0,13	1	0,13	10,84	0,0040
Factor A*Factor B	0,08	2	0,04	3,33	0,0590
Error	0,21	18	0,01		
Total	0,55	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13765

Error: 0,0116 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.		
a3: G-3000	0,51	8	0,04	A	
a1: G-1000	0,44	8	0,04	A	B
a2: G-2000	0,32	8	0,04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09252

Error: 0,0116 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.		
b1: AF-100	0,50	12	0,03	A	
b2: AF-0	0,35	12	0,03		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24241

Error: 0,0116 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.		
a3: G-3000	b1: AF-100	0,64	4	0,05	A	
a1: G-1000	b1: AF-100	0,53	4	0,05	A	B
a3: G-3000	b2: AF-0	0,38	4	0,05		B
a1: G-1000	b2: AF-0	0,35	4	0,05		B
a2: G-2000	b2: AF-0	0,33	4	0,05		B
a2: G-2000	b1: AF-100	0,32	4	0,05		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Biom C. arvensis

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Biom C. arvensis	24	0,42	0,26	26,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	5	0,01	2,60	0,0613
Factor A	0,01	2	0,01	2,42	0,1175
Factor B	4,2E-04	1	4,2E-04	0,19	0,6703
Factor A*Factor B	0,02	2	0,01	3,99	0,0368
Error	0,04	18	2,2E-03		
Total	0,07	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06019

Error: 0,0022 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.	
a2: G-2000	0,21	8	0,02	A
a3: G-3000	0,18	8	0,02	A
a1: G-1000	0,16	8	0,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04046

Error: 0,0022 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.	
b2: AF-0	0,19	12	0,01	A
b1: AF-100	0,18	12	0,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10600

Error: 0,0022 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
a2: G-2000	b1: AF-100	0,24	4	0,02	A
a3: G-3000	b2: AF-0	0,21	4	0,02	A
a2: G-2000	b2: AF-0	0,18	4	0,02	A
a1: G-1000	b2: AF-0	0,18	4	0,02	A
a3: G-3000	b1: AF-100	0,15	4	0,02	A
a1: G-1000	b1: AF-100	0,14	4	0,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 13.

Tasa de recuperación (%) de Cynodon dactylon y Calendula arvensis

N°	Factor A	Factor B	Tasa de recuperación (%)	
			C. dactylon	*C. arvensis*
1	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,06a	0,35bc
2	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,03a	0,19ab
3	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B1 (100 cc Ácido fosfórico)	0,05a	0,18a
4	A1 (Glifosato 1000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,69b	0,37c
5	A2 (Glifosato 2000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,53b	0,18a
6	A3 (Glifosato 3000 cc/Ha)	B2 (0 cc Ácido fosfórico)	0,58b	0,26abc
	CV		**23,12%**	**28,26%**

Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis de la varianza

TR C. dactylon

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
TR C. dactylon	24	0,95	0,94	23,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,90	5	0,38	68,13	<0,0001
Factor A	0,04	2	0,02	3,20	0,0647
Factor B	1,85	1	1,85	330,85	<0,0001
Factor A*Factor B	0,02	2	0,01	1,71	0,2094
Error	0,10	18	0,01		
Total	2,00	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09537

Error: 0,0056 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.	
a1: G-1000	0,37	8	0,03	A
a3: G-3000	0,32	8	0,03	A
a2: G-2000	0,28	8	0,03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06410

Error: 0,0056 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.		
b2: AF-0	0,60	12	0,02	A	
b1: AF-100	0,05	12	0,02		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16796

Error: 0,0056 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.		
a1: G-1000	b2: AF-0	0,69	4	0,04	A	
a3: G-3000	b2: AF-0	0,58	4	0,04	A	
a2: G-2000	b2: AF-0	0,53	4	0,04	A	
a1: G-1000	b1: AF-100	0,06	4	0,04		B
a3: G-3000	b1: AF-100	0,05	4	0,04		B
a2: G-2000	b1: AF-100	0,03	4	0,04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

TR C. arvensis

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
TR C. arvensis	24	0,62	0,51	28,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	5	0,03	5,82	0,0023
Factor A	0,14	2	0,07	13,03	0,0003
Factor B	0,01	1	0,01	1,34	0,2614
Factor A*Factor B	0,01	2	4,4E-03	0,85	0,4458
Error	0,09	18	0,01		
Total	0,25	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09211

Error: 0,0052 gl: 18

Factor A	Medias	n	E.E.		
a1: G-1000	0,36	8	0,03	A	
a3: G-3000	0,22	8	0,03		B
a2: G-2000	0,19	8	0,03		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06191

Error: 0,0052 gl: 18

Factor B	Medias	n	E.E.	
b2: AF-0	0,27	12	0,02	A
b1: AF-100	0,24	12	0,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16220

Error: 0,0052 gl: 18

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.			
a1: G-1000	b2: AF-0	0,37	4	0,04	A		
a1: G-1000	b1: AF-100	0,35	4	0,04	A	B	
a3: G-3000	b2: AF-0	0,26	4	0,04	A	B	C
a2: G-2000	b1: AF-100	0,19	4	0,04		B	C
a2: G-2000	b2: AF-0	0,18	4	0,04			C
a3: G-3000	b1: AF-100	0,18	4	0,04			C

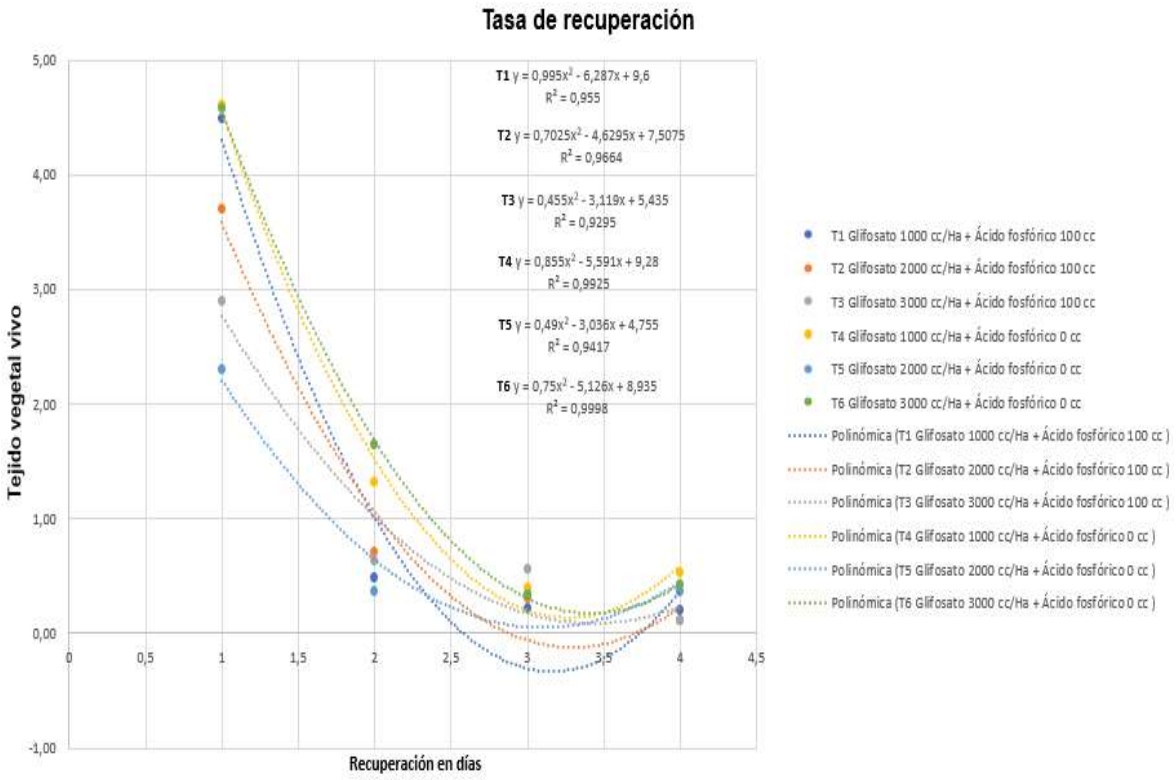
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 14.

Tasa de recuperación (%) a los 5, 10, 15, 45 días

Días	Glifosato 1000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc	Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc	Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 100 cc	Glifosato 1000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc	Glifosato 2000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc	Glifosato 3000 cc/Ha + Ácido fosfórico 0 cc
5 Días	4,48	3,7	2,9	4,61	2,3	4,57
10 Días	0,49	0,7	0,63	1,32	0,37	1,65
15 Días	0,21	0,3	0,56	0,4	0,33	0,34
45 Días	0,2	0,11	0,11	0,53	0,36	0,42

Elaborado por: El Autor, 2025



Elaborado por: El Autor, 2025