

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



Alternativas mecánicas y químicas en el control de arvenses para
sustituir el uso del glifosato en el sistema milpa dentro del programa

Sembrando Vida en México

Por:

WILLIAM RIVERA ZAVALETA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Alternativas mecánicas y químicas en el control de arvenses para
sustituir el uso del glifosato en el sistema milpa dentro del programa

Sembrando Vida en México

POR:

WILLIAM RIVERA ZAVALETA

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
requisito para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por:



M.C. Gilbert Fresh López López

Presidente



Dr. Marco Antonio Reynolds Chávez

Vocal



M.C. Juan Antonio López López

Vocal



Ing. Héctor Emilio Gonzáles Ramírez

Vocal



M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la división de ingeniería

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Alternativas mecánicas y químicas en el control de arvenses para
sustituir el uso del glifosato en el sistema milpa dentro del programa
Sembrando Vida en México

POR:

WILLIAM RIVERA ZAVALA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el comité de asesoría:



M.C. Gilbert Fresh López López
Asesor principal



Dr. Marco Antonio Reynolds Chávez
Asesor principal externo



M.C. Juan Antonio López López
Coasesor



Ing. Héctor Emilio Gonzáles Ramírez
Coasesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Enero 2026

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por siempre bendecir mis pasos, acompañarme en todo mi camino y llenarme de la sabiduría necesaria para superarme.

A MI ALMA TERRA MATER

Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por ser la sede de mi formación académica y darme la oportunidad de superarme profesionalmente.

Al Dr. Marco Antonio Reynolds Chávez

Gracias por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales y ser mi asesor de tesis, además de apoyarme en mi formación profesional.

A MI ASESOR

El M.C. Gilbert Fresh López López

Gracias por brindarme su vasto conocimiento y una buena amistad, sus consejos, experiencias y regaños siempre serán guía para seguirme superando y mejorando profesionalmente.

A LOS PROFESORES

EL Dr. Mario Alberto Méndez Dorado, el M.C. Juan Antonio López López, el Ing. Héctor Emilio Gonzales Ramírez, el M.C. Juan Antonio Guerrero por sus consejos, apoyo y gran amistad.

DEDICATORIAS

A MI MADRE:

Sra. Natividad Zavaleta Aburto

Madre mía gracias por enseñarme los valores que hoy rigen mi vida e inculcarme la fe y el amor en Dios. Por estar siempre en todos los momentos que te necesito y siempre darme el amor que solo una madre sabe brindar. A ti te dedico este trabajo de tesis que es fruto todo mi esfuerzo a lo largo de la carrera y que gracias a dios y a usted tuve la fuerza para salir adelante a pesar de cualquier dificultad. “te amo” y espero que siempre estes orgullosa de nosotros.

A MIS HERMANOS Y HERMANA:

María de los ángeles Belén, José Félix, Santos Emilio

Por su sabiduría, conocimientos, experiencia y todo el apoyo que me han brindado a lo largo de esta preparación. Por ser un buen ejemplo que seguir, siempre tener las palabras correctas y los mejores consejos. Gracias a ustedes soy fuerte y puedo enfrentar al mundo con ganas de triunfar y seguirme superando. Los amo y espero que nuestra hermandad perdure por siempre.

A mi novia:

Por darme tu paciencia, cariño, amor y fuerza, porque siempre me brindaste la compañía y el consuelo en todo este trayecto de preparación. Gracias por nunca soltar mi mano y amarme de todo corazón. Tu positivismo, ganas de superarnos y motivación fueron una clave fundamental para salir adelante juntos y no rendirnos en ningún momento. Te amo mi amor, y espero que nuestro amor trascienda en el tiempo.

Al Sr. José Elías Medina Ávila

Por su apoyo y afecto, además gracias por sus consejos llenos de sabiduría, conocimiento y experiencia, Dios lo bendiga y espero que siempre poder contar con usted.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 ANTECEDENTES	18
1.2 Objetivos e hipótesis	21
II. REVISIÓN DE LITERATURA	22
2.1 ¿Cuál es el sistema Milpa en México?	22
2.2 ¿Qué es el sistema MIAF?	24
2.2.1 Componentes del sistema MIAF	24
2.2.2 Beneficios y objetivos del MIAF	25
2.3 ¿Qué es el programa sembrando vida en México?	26
2.4 Sistemas o producción agroecológicas en la milpa y cultivos básicos en México .	27
2.5 Prácticas agroecológicas como alternativas en el programa sembrando vida en México.	28
2.6 ¿Qué es el glifosato?	28
2.6.1 Impacto del Glifosato en México	29
2.6.2 Eliminación del uso del glifosato en México	29
2.7 Arvenses	30
2.7.1 Clasificación de las arvenses	32
2.7.2 Manejo Ecológico Integral de Arvenses (MEIA)	34
2.7.3 Control de arvenses	35
2.8 Alternativas mecánicas para el control de arvenses	36
2.8.1 El motocultor como equipo para el control de arvenses	38
2.8.2 La desbrozadora en el control de arvenses	40
2.9 Alternativas químicas para el control de arvenses	42
2.9.1 ¿Qué son los herbicidas?	43
2.9.2 Tipos de herbicidas	43
2.9.3 Aplicación de herbicidas	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS	49

3.1	Materiales	49
3.2	Métodos.....	50
3.2.1	Generalidades.....	50
3.3	Evaluación de motocultor Parazzini	50
3.3.1	Velocidad	51
3.3.2	Consumo de combustible en ralentí	53
3.3.3	Consumo de combustible en operación	54
3.3.4	Tiempo efectivo de operación	55
3.3.5	Altura de corte.....	55
3.3.6	Rendimiento teórico	56
3.3.7	Rendimiento efectivo.....	57
3.4	Evaluación 2	57
3.4.1	Desbrozadora	57
3.4.2	Ficha descriptiva	57
3.4.3	Consumo de combustible en ralentí	58
3.4.4	Consumo de combustible en operación	58
3.4.5	Tiempo efectivo de operación	58
3.4.6	Rendimiento teórico	58
3.4.7	Rendimiento efectivo.....	59
3.5	Evaluación 3	59
3.5.1	Ficha técnica de la bomba	59
3.5.2	Descripción de las boquillas.....	60
3.5.3	Evaluación de Herbicidas.....	60
3.5.4	Dosis de herbicidas.....	61
3.5.5	Evaluación de boquillas con bomba mecánica para fumigar	62
3.5.6	Determinación del porcentaje de eficiencia del control de arvenses.....	63
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1	Resultados de la evaluación Motocultor.....	65
4.1.1	Evaluación de velocidad en motocultor Parazzini.....	65
4.1.2	Evaluación del consumo de combustible en motocultor Parazzini.....	67
4.1.3	Tiempo efectivo de operación	68
4.1.4	Evaluación de la altura de corte con el motocultor Parazzini.....	69
4.1.5	Rendimiento motocultor	70

4.2	Resultados de la evaluación 2. Desbrozadora	71
4.2.1	Comparación de área sin trabajar vs trabajada con desbrozadora.....	71
4.3	Resultados de la evaluación 3. Herbicidas.....	72
4.3.1	Evaluación de boquillas en bomba de fumigar	72
4.3.2	Consumo de herbicida por aplicación	72
4.3.3	Monitoreo de la eficiencia de los herbicidas comerciales en dosis baja	77
4.3.4	Evaluación visual del porcentaje de eficiencia de los herbicidas comerciales en dosis baja a los 13 DDA	80
4.3.5	Monitoreo a los 27 días después de la aplicación en dosis baja para el control de arvenses de los cinco diferentes tratamientos de herbicidas	83
4.3.6	Evaluación del porcentaje de eficiencia de herbicidas en dosis alta.....	84
4.3.7	Monitoreo de la eficiencia los herbicidas comerciales en dosis alta	86
4.3.8	Evaluación visual del porcentaje de eficiencia de los herbicidas comerciales en dosis alta a los 13 DDA	90
4.3.9	Monitoreo a los 27 días después de la aplicación en dosis alta para el control de arvenses de los cinco diferentes tratamientos de herbicidas	93
V.	CONCLUSIONES	94
VI.	LITERATURA CITADA	95
VII.	ANEXOS	105

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Ejemplos de motocultores comercializados en México	40
Cuadro 3.2 Descripción de tratamientos y para la aplicación de herbicidas	60
Cuadro 3. 3 Dosis mínimas y máximas de herbicidas aplicados en campo	61
Cuadro 3.4 Grado de control de malezas según ALAM	64
Cuadro 4.1.1 Resultados de las velocidades de trabajo	65
Cuadro 4.1.2 Resultados de reversa.....	66
Cuadro 4.1.3 Resultados de consumo de combustible en ralentí	67
Cuadro 4.1.4 Resultados de consumo de combustible en operación	68
Cuadro 4.1.5 Resultados de tiempo de operación	69
Cuadro 4.1.6 Resultados de altura de corte con segadora acoplada a motocultor	70
Cuadro 4.1.7 Valores de rendimiento del motocultor	71
Cuadro 4.2.1 Resultados de parámetros evaluados en desbrozadora	71
Cuadro 4.3.1 Valores de gasto de las diferentes boquillas.....	72
Cuadro 4.3.2 Cantidad de herbicida aplicado en la dosis baja en la parcela de prueba	73
Cuadro 4.3.3 Cantidad de herbicida aplicado en la dosis alta en la parcela de prueba	73
Cuadro 4.3.4 Efectos de tratamientos	74
Cuadro 4.3.5 Comparación del porcentaje de eficiencias de los productos comerciales en dosis baja.....	76
Cuadro 4.3.6 Comparación de medias de las dosis altas	84

Cuadro 4.3.7 Comparación del porcentaje de eficiencias de los productos comerciales en dosis alta de acuerdo con la escala de (ALAM,1974).	85
Cuadro 4.3.8 Precios de los herbicidas comerciales.....	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistema milpa en México	22
Figura 2.2 Módulo MIAF en ladera abrupta.....	25
Figura 2.3 Ciclo de vida idealizado en una asociación maleza-cultivo.....	31
Figura 2.4 Control mecánico de arvenses con motocultor	37
Figura 2.5 Desbrozadora alternativa para el control de arvenses	41
Figura 2.6 Clasificación de los herbicidas	45
Figura 2.7 Partes de un equipo de espalda manual con sistema interno.....	47
Figura 2.8 Partes de la boquilla de cono.....	48
Figura 2.9 Partes de la boquilla de abanico	48
Figura 3.1 Distribución en campo de diseño experimental parcelas divididas	50
Figura 3.2 Motocultor marca Parazzini.....	51
Figura 3.3 Prueba de velocidad con motocultor Parazzini.	52
Figura 3.4 Desbrozadora marca STIHL	57
Figura 3.5 Bomba manual de fumigación.....	59
Figura 3.6 Boquilla de abanico.....	60
Figura 3.7 Aplicación de herbicidas con bomba manual.	61
Figura 3.8 Ejemplo de imagen para determinación de eficiencia de herbicidas.....	63
Figura 4.1 comparación de medias	66
Figura 4.2 Control de arvenses a) antes de labor y b) después de labor con motocultor en segunda velocidad de transmisión.	69
Figura 4.3 Control de arvenses a) antes de labor y b) después de labor con desbrozadora.	72

Figura 4.4 Grafica de comparación multiple de medias método Tukey: 1 (Paraquat 1 en dosis baja), 2 (Paraquat 2 en dosis baja), 3 (Pardy (Paraquat + diuron) dosis baja), 4 (Glufosinato de amonio 1 en dosis baja) y 5 (Glufosinato de amonio 2 en dosis baja)	74
Figura 4.5 Grafica de comparación multiple de medias método Fisher: 1 (Paraquat 1 en dosis baja), 2 (Paraquat 2 en dosis baja), 3 (Pardy (Paraquat + diuron) dosis baja), 4 (Glufosinato de amonio 1 en dosis baja) y 5 (Glufosinato de amonio 2 en dosis baja)	75
Figura 4.6 Eficiencia en dosis baja del primer producto comercial "Paraquat 1" monitoreado en un periodo de 7 días.	77
Figura 4.7 Eficiencia en dosis baja del segundo producto comercial "Paraquat 2" monitoreado en un periodo de 7 días.	78
Figura 4.8 Eficiencia en dosis baja del tercer producto comercial "Paraquat + diuron" monitoreado en un periodo de 7 días.	78
Figura 4.9 Eficiencia en dosis baja del cuarto producto comercial "Glufosinato de amonio 1" monitoreado en un periodo de 7 días.	79
Figura 4.10 Eficiencia en dosis baja del quinto producto comercial "Glufosinato de amonio 2" monitoreado en un periodo de 7 días.	79
Figura 4.11 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del primer producto comercial "Paraquat 1".	80
Figura 4.12 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del segundo herbicida comercial "Paraquat 2".	81
Figura 4.13 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del tercer herbicida comercial "Paraquat + diuron".	81

Figura 4.14 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del cuarto herbicida comercial “Glufosinato de amonio 1”.....	82
Figura 4.15 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del quinto herbicida comercial “Glufosinato de amonio 2”.....	82
Figura 4. 16 Monitoreo a los 27 DDA de la eficiencia de los cinco herbicidas comerciales en dosis baja: 1) “Paraquat 1”, 2) “Paraquat 2”, 3) “Paraquat + diuron”, 4) “Glufosinato de amonio 1”, 5) “Glufosinato de amonio 2”.....	83
Figura 4. 17. Grafica de comparación multiple de medias método Tukey: 1 (Paraquat 1 en dosis alta), 2 (Paraquat 2 en dosis alta), 3 (Paraquat + diuron dosis alta), 4 (Glufosinato de amonio 1 en dosis alta) y 5 (Glufosinato de amonio 2 en dosis alta)	85
Figura 4.18 Eficiencia en dosis alta del primer producto comercial “Paraquat 1” monitoreado en un periodo de 7 días.....	87
Figura 4.19 Eficiencia en dosis alta del segundo producto comercial “Paraquat 2” monitoreado en un periodo de 7 días.....	87
Figura 4.20 Eficiencia en dosis alta del tercer producto comercial “Paraquat + diuron” monitoreado en un periodo de 7 días.....	88
Figura 4.21 Eficiencia en dosis alta del cuarto producto comercial “Glufosinato de amonio” monitoreado en un periodo de 7 días.....	88
Figura 4.22 Eficiencia en dosis alta del quinto producto comercial “Glufosinato de amonio 2” monitoreado en un periodo de 7 días.....	89
Figura 4.23 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del primer producto comercial “Paraquat 1”.....	90
Figura 4.24 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del primer producto comercial “Paraquat 2”.....	91

Figura 4.25 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del primer producto comercial “Paraquat + diuron”.....	91
Figura 4.26 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del cuarto herbicida comercial “Glufosinato de amonio 1”.....	92
Figura 4.27 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del cuarto herbicida comercial “Glufosinato de amonio 2”.....	92
Figura 4.28 Monitoreo de eficiencia el día 27 de los cinco herbicidas comerciales en dosis alta: 1) “Paraquat 1”, 2) “Paraquat 2”, 3) “Paraquat + diuron”, 4) “Glufosinato de amonio 1”, 5) “Glufosinato de amonio 2”.....	93

RESUMEN

Se llevó a cabo un trabajo de investigación donde se evaluaron alternativas mecánicas para el control de arvenses, donde se midieron variables de alta importancia como el tiempo efectivo de operación, consumo de combustible por hectárea y la altura de corte. También se evaluaron para la misma función, alternativas químicas, productos químicos de diferentes marcas comerciales, los cuales no tengan contenido al glifosato dentro de sus ingredientes activos. La metodología de prueba utilizada para la evaluación mecánica y química fue en base a Normas Mexicanas. Los resultados de la evaluación mecánica muestran que: el motocultor Parazzini tiene un rendimiento efectivo por hectárea de 3 horas con 18 minutos, un consumo de combustible de 8.33 litros y una altura al corte de 4 cm, mientras que con la desbrozadora STHIL se obtiene un rendimiento efectivo de 17.65 horas por hectárea y un consumo combustible de 50 ml en un área de 20 m² cuando la persona está capacitada. Por otro lado, en los resultados de la evaluación de los herbicidas comerciales se obtuvieron dos tratamientos con un alto porcentaje de eficiencia siendo estos el Glufosinato de amonio 2 (150g. de i.a. L⁻¹) en dosis de tres litros por hectárea con una eficiencia del 92.33% y un periodo de control de 27 días después de la aplicación y el Paraquat 2 (200g. de i.a. L⁻¹) en dosis de tres litros por hectárea con una eficiencia del 93.67% y un periodo de control de 22 días después de la aplicación. En lo referente a costos, el Paraquat 2 es el producto más económico \$66.36 por litro y de acuerdo con la dosis obtenida, un precio de \$199.08 por hectárea, seguido por el Glufosinato de amonio 2, con un costo de \$160 por litro y un precio de \$480 por hectárea.

Palabras claves: *efectos de productos químicos comerciales, evaluación de implementos, producción sostenible.*

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el uso de agroquímicos continua en aumento como respuesta a la intensificación agrícola. El consumo global de ingredientes activos en 2022 alcanzó aproximadamente 3.70 millones de toneladas, lo representó un incremento del 4% respecto a años previos (FAO, 2024). Dicha tendencia ha generado preocupaciones crecientes ya que los impactos ambientales, agronómicos y en la sanidad humana asociada al uso intensivo de herbicidas, particularmente en sistemas agrícolas dependientes del control químico de arvenses (Garibay-Chávez, 2024).

En México, el uso de herbicidas para el control químico de malezas ha mostrado un incremento notable. Entre los años recientes se ha reportado un aumento de hasta 66.9% en el uso de estos insumos, lo que refleja una gran dependencia de los agroquímicos como herramienta principal de manejo (CEDRSSA, 2020). Los arvenses (comúnmente denominados malezas, malas hierbas o plantas invasoras) son plantas que compiten con los cultivos por agua, luz, dióxido de carbono, espacios y nutrientes (CONAHCYT, 2021, Leopardi-Verde y Cuevas-Anguiano, 2018). Lo anterior dificulta a los sistemas productivos debido a que los arvenses tienen alta capacidad de adaptación, agresividad y eficiencia reproductiva.

El manejo de las arvenses en México antecede al uso de herbicidas sintéticos. La agricultura mesoamericana desarrolló estrategias basadas en policultivos, como la milpa, donde las plantas cultivadas coexisten con arvenses consideradas componentes funcionales del agroecosistema, contribuyendo a la regulación ecológica, la cobertura del suelo y la biodiversidad (Altieri y Toledo, 2011; CONAHCYT, 2021). Este conocimiento tradicional ha sido retomado y fortalecido por el movimiento agroecológico mexicano, reconocido a nivel internacional por el desarrollo de estrategias integrales y sostenibles para el manejo de agroecosistemas.

No obstante, durante las últimas tres décadas, una parte importante de los productores agrícolas ha desarrollado una dependencia creciente de los herbicidas químicos, motivada por la reducción de costos y tiempos de manejo en el corto plazo. Dentro de este grupo, los herbicidas a base de glifosato se consolidaron como el estándar comercial para el control de arvenses de crecimiento espontáneo en una amplia

variedad de cultivos (Duke y Powles, 2008; Mayorga, 2024). Desde su introducción al mercado en 1974, el glifosato se convirtió en el herbicida más utilizado a nivel mundial debido a su amplio espectro y aparente bajo costo operativo (Monsanto, 2008).

Sin embargo, su uso ha sido objeto de un intenso debate científico. En 2015, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer de la Organización Mundial de la Salud clasificó al glifosato como “probablemente carcinogénico para los seres humanos” (Grupo 2A), con evidencia de mecanismos asociados a genotoxicidad y estrés oxidativo (IARC, 2015). Posteriormente, evaluaciones toxicológicas adicionales coincidieron en señalar riesgos potenciales para la salud humana y el ambiente, particularmente bajo escenarios de exposición crónica (ATSDR, 2019). Estas preocupaciones han impulsado revisiones regulatorias y restricciones parciales o totales en diversos países.

En el caso de México, estas discusiones derivaron en la emisión de un decreto presidencial en 2020 que instruyó la sustitución gradual del glifosato, estableciendo inicialmente como fecha límite enero de 2024, posteriormente modificada a marzo de 2024 mediante un nuevo decreto en 2023. Dicho marco normativo solicitó además la revocación de autorizaciones para la importación, producción, distribución y uso del herbicida, así como la suspensión de nuevos permisos (Mayorga, 2024). Este contexto ha generado la necesidad urgente de identificar y evaluar alternativas viables, técnicas y económicamente sustentables para el control de arvenses.

En respuesta, el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT, en la actualidad SECIHTI) ha promovido el Manejo Ecológico Integral de Arvenses (MEIA), un enfoque que integra prácticas preventivas, culturales, físicas, mecánicas, biológicas y el uso de herbicidas de origen natural. De las 42 prácticas identificadas dentro del MEIA, se han destacado 12 como altamente relevantes y ya aplicadas en el contexto nacional, entre ellas el uso de desbrozadoras, motocultores y bio-herbicidas (Gómez, 2020; CONAHCYT, 2021).

A pesar de este impulso institucional, persiste una brecha de conocimiento en torno a la evaluación técnica y comparativa del desempeño de equipos mecánicos de pequeña escala y de herbicidas comerciales libres de glifosato, particularmente bajo condiciones reales de producción agrícola. La falta de evidencia cuantitativa limita la

adopción informada de estas alternativas por parte de productores, técnicos y tomadores de decisiones.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar dos prácticas del Manejo Ecológico Integral de Arvenses: (i) el control mecánico mediante el uso de equipos pequeños, específicamente desbrozadora y motocultor, y (ii) el control químico mediante herbicidas comerciales que no contienen glifosato y no presentan restricciones oficiales para su uso. El análisis se orienta a determinar su eficacia como alternativas viables para el manejo de arvenses en sistemas agrícolas mexicanos.

1.1 ANTECEDENTES

Podemos escribir que el control de arvenses en nuestro país siempre ha estado condicionado al momento en que se va a ocupar un sitio o parcela para el establecimiento de un cultivo, es decir, no existe la cultura de la planeación de siembra y, por lo tanto, mucho menos la cultura de manejo de los arvenses. Cada vez que se establece un cultivo, las condiciones de las arvenses son diferentes en: dominancia, hábitat, tipo de hoja ya sean hojas anchas u angostas, ciclo de vida, diferentes alturas y condición de tallo, nocividad y fases biológicas de desarrollo de un sitio a otro.

Es importante señalar que el control de arvenses está definido de acuerdo con la tipología del productor, siendo el pequeño productor el que menos herbicida aplica para su producción. A partir de este enfoque y considerando que el Programa Sembrando Vida (PSV) de México es para el pequeño productor y preferentemente de zonas marginadas, el Gobierno Federal instruyó al PSV a realizar las producciones de tipo agroecológicas y eliminar a través de un Decreto Nacional el uso del Glifosato. El Programa Sembrando Vida (PSV), fue instituido por el Gobierno Federal de México a partir de 2019, con el propósito de contribuir al bienestar social del sector rural a través de la promoción de la autosuficiencia alimentaria en 21 de las 32 entidades federativas del país. Con esta iniciativa gubernamental, se pretende contribuir a dos grandes problemas del país: la pobreza rural y la recuperación ambiental; mediante la invitación a pequeños productores (sembradores), a establecer unidades de producción de 2.5 hectáreas, distribuidas con dos sistemas de producción: Sistemas de Producción Agroforestal (SAF) con una superficie de hectárea y media, y Milpa Intercalada con Frutales (MIAF) con una superficie de una hectárea.

Las reglas de operación de la PSV definen el sistema MIAF como «un Sistema Agroforestal (SAF) de cultivo intercalado, constituido por al menos tres especies, el frutal (epicultivo), el maíz (mesocultivo) y el frijol u otra especie comestible, preferentemente leguminosa (sotocultivo) en intensa interacción agronómica y que tiene los siguientes propósitos la producción de maíz y frijol como elementos estratégicos para la seguridad alimentaria de las familias rurales, incrementar significativamente el ingreso neto familiar con la cosecha de cultivos frutales y

maderables, aumentar el contenido de materia orgánica, controlar la erosión hídrica del suelo y así lograr un uso más eficiente del agua de lluvia. De esta manera, sus principales objetivos son rescatar el campo, reactivar la economía de los pueblos y regenerar la estructura social.

Para garantizar un mejor desarrollo de la aplicación de un programa tan amplio e importante como la PSV, fue necesario categorizar a los productores con base en los requisitos de registro y establecer una tipología única que integre y asocie a los productores y condicione la forma de operación, objetivos y metas de la PSV. Los requisitos de la tipología fueron: ser sujeto agrario que viva en un municipio o localidad con rezago social, ser mayor de edad, ser propietario y contar con 2.5 hectáreas disponibles, y finalmente aceptar el cumplimiento de todas las disposiciones legales aplicables a este programa. Los beneficiarios del programa reciben un pago mensual de \$6,000.00 (seis mil) pesos mexicanos. El monto se entrega directamente a través de una transferencia electrónica y también son sujetos de apoyos adicionales en forma de insumos o herramientas básicas. (Reynolds *et al.*, 2024).

En el marco de la política pública federal orientada a la sustitución gradual del glifosato, el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT, en la actualidad SECIHTI), en el ámbito de sus atribuciones legales, tiene la responsabilidad de coordinar, articular, promover y apoyar investigaciones científicas, desarrollos tecnológicos e innovaciones que permitan sustentar y proponer alternativas viables a este herbicida. Este mandato se deriva del Decreto por el que se establecen acciones para la sustitución gradual del uso, adquisición, distribución, promoción e importación del glifosato, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 31 de diciembre de 2020, así como de su actualización mediante el decreto publicado el 13 de febrero de 2023, en el que se refuerza la prohibición progresiva del uso del glifosato y se asignan responsabilidades específicas a diversas dependencias del Ejecutivo Federal (DOF, 2020; DOF, 2023).

De acuerdo con dichos decretos, el SECIHTI debe generar evidencia científica que sustente alternativas técnicas y productivas al glifosato, para lo cual puede convocar a instituciones de educación superior, centros públicos de investigación y demás

entidades con competencia en la materia, con el fin de desarrollar soluciones acordes a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas del país (DOF, 2020).

En este contexto institucional, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), como organismo público descentralizado sectorizado en la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), y reconocido como una de las principales instancias nacionales de generación y transferencia de tecnología agropecuaria, recibió el encargo de coordinar la capacitación nacional del Programa Sembrando Vida. Este programa incorpora el manejo y control de arvenses como un componente técnico estratégico dentro del Sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF), el cual busca fortalecer la productividad, resiliencia y sostenibilidad de las pequeñas unidades de producción agrícola mediante enfoques agroecológicos (SADER, 2022; INIFAP, 2023, Cadena-Iñiguez, et al., 2018).

El presente trabajo de investigación se desarrolla en este marco normativo e institucional y forma parte del proyecto financiado con fondos públicos del CONAHCYT en el ejercicio fiscal 2024, titulado “Desarrollo de competencias en técnicos y productores del Programa Sembrando Vida y otros afines, para incrementar la productividad de las pequeñas unidades de producción y generar canales de comercialización de productos agroecológicos” (Proyecto No. 15465236157). Dicho proyecto tiene como objetivo fortalecer las capacidades técnicas de productores y técnicos mediante la evaluación, validación y transferencia de prácticas agroecológicas, entre ellas el Manejo Ecológico Integral de Arvenses, como alternativa a los esquemas convencionales de control químico.

1.2 Objetivos e hipótesis

Objetivo general

- Evaluar alternativas en el control de arvenses para sustituir el uso del glifosato en el sistema Milpa dentro del programa Sembrando Vida de México.

Objetivo específico

- Evaluar y medir equipos para el manejo mecánico de arvenses
- Examinar productos químicos de aplicación comercial que no contengan Glifosato.

Hipótesis

La implementación de alternativas mecánicas y químicas para el control de arvenses dentro del sistema milpa, son una opción efectiva para sustituir el uso del Glifosato.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ¿Cuál es el sistema Milpa en México?

En México, el término milpa deriva del náhuatl *milpan* de *milli* "parcela sembrada" y *pan* "encima de". Este término se utiliza para referirse al sistema agrícola tradicional, compuesto por un policultivo también conocido como cultivo en asociación, que representa un espacio dinámico de recursos genéticos. La especie que predomina es el maíz, la cual está acompañada de diversas especies como el frijol, la calabaza, el chile, tomate, entre muchas otras dependiendo de la región (ver figura 2.1). Por ejemplo, a la combinación de maíz, frijol y calabaza se le conoce como "la triada mesoamericana". (CONABIO, 2016)



Figura 2.1 Sistema milpa en México (autor: gobierno de México)

La milpa comprende la gestión de 40 diferentes cultivos clasificados por especies y variedades, que en diferentes comunidades se compone de cuatro cultivos fundamentales para la nutrición de las familias: una gramínea (el maíz), una leguminosa (el frijol), una cucurbitácea (la calabaza) y un cultivo de raíz (camote) (Lara *et al.* 2012; López 2012). Una característica fundamental de la milpa es su

agrobiodiversidad (Latournerie *et al.* 2005), en la que actúa como un subsistema de otros sistemas, o viceversa, para construir en su totalidad un modelo agroecológico (Lara *et al.* 2012)

En varias áreas del país, principalmente en el trópico húmedo, la milpa se establece a través de la técnica móvil de roza, tumba y quema. Este procedimiento consiste en limpiar áreas pequeñas y quemar varios residuos vegetales secos, para luego sembrar en ellas y utilizar los nutrientes de las cenizas. Hay áreas en este mismo entorno donde las condiciones del suelo hacen posible la instalación de sistemas más duraderos. En otras áreas, se han beneficiado agroecosistemas en los que la milpa puede formar parte de una gestión anual establecida, en la cual puede convivir con otros cultivos a lo largo de un ciclo y, en los ciclos siguientes, alternar con especies de cultivos diferentes, como el frijol o las hortalizas. En otras partes, se establece la tornamilpa o tornamil, que hace referencia a una segunda siembra en la misma área durante el mismo año.(CONABIO, 2016)

Un estudio llevado a cabo y publicado por un grupo de investigadores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) indica que, bajo condiciones específicas, el sistema de milpa que incluye maíz, frijol y calabaza puede ser entre un 60% y un 90% más productivo que un monocultivo de maíz. (Morales, 2022)

El sistema milpa se caracteriza por su alineación con el medio ambiente y destaca por su alta productividad, debido a que el agricultor cultiva su milpa de manera convencional es en gran medida autónomo, ya que produce la mayor parte de los insumos que requiere para su alimentación y no depende del comercio para obtener las semillas y fertilizantes. Eso significa que no propicia la explotación del hombre y de la tierra, y por ende, no contribuye a concentrar el dinero. La práctica del monocultivo tiende a adoptar una orientación mercantil. (Buenrostro, 2009)

2.2 ¿Qué es el sistema MIAF?

De acuerdo con la información proporcionada por Cortés y Turrent (2012 y 2018), el sistema de milpa intercalada con árboles frutales, conocido comúnmente como MIAF, constituye una tecnología agroforestal que se fundamenta en el diseño de la milpa tradicional, adaptada a las condiciones actuales de la agricultura rural. Este sistema optimiza los beneficios de las interacciones biológicas que se producen al combinar árboles frutales con maíz, frijoles u otras leguminosas comestibles.

Los cultivos que forman parte de este sistema incluyen maíces nativos (cónico), calabaza de mata y de guía, frijol de guía, tomate de cáscara, cempaxúchitl y quelites locales. En cuanto a los árboles frutales, se pueden considerar manzanos, ciruelos, chabacanos, perales, durazneros, tejocotes, capulines y nogales, los cuales se siembran en terrenos quebrados o serranos. Por ejemplo, el durazno y el manzano son especies óptimas para condiciones templadas, mientras que el guayabo, el aguacate, el limón persa, el carambolo, la guanábana y el chicozapote son apropiados para condiciones tropicales y subtropicales. (SADER, 2018)

MIAF es una tecnología de carácter multiobjetivo que tiene como finalidad incrementar de manera significativa el ingreso neto y el empleo familiar, al tiempo que se mantiene la producción de alimentos básicos. Esta tecnología también busca proteger el suelo contra la erosión, limitando su roturación a condiciones especiales. Además, promueve la interacción entre los cultivos para optimizar la utilización de los recursos naturales y los insumos importados en la parcela, contribuyendo así a un aumento en la captura de carbono atmosférico. (Turrent, *et al.*2017)

La configuración topológica del sistema MIAF, puede ser un instrumento potencial para fusionar la biodiversidad de México y la optimización eficiente de los recursos naturales (recuperación de suelos, restauración de la fertilidad o la preservación de la capacidad productiva a largo plazo) (Juárez, 2012)

2.2.1 Componentes del sistema MIAF

Un módulo consiste en establecer hileras de árboles que se encuentran separadas por una distancia de 1.5 metros entre sí y de 13.5 a 14.5 metros entre hileras. Los árboles

se conducen y podan de acuerdo con el sistema de tatura modificado, el cual se caracteriza por contar con dos ramas estructurales orientadas perpendicularmente a la hilera. En cada uno de los extremos de la hilera, se llevan a cabo siembras de cultivos intercalados, consistentes en dos surcos de maíz y dos de frijol de manera alternada y microrotante, o se puede optar por otro patrón de cultivo, como se ilustra en la figura 2.2. Se sugiere una densidad de población de 60 mil plantas por hectárea para el maíz y de 90 mil plantas por hectárea para el frijol. Alternativamente, se puede optar por establecer seis surcos contiguos de maíz y seis de frijol en un sistema de rotación anual (Cortés *et al.*, 2014).



Figura 2.2 Módulo MIAF en ladera abrupta (autor: INIFAP)

2.2.2 Beneficios y objetivos del MIAF

1. Reduce la pérdida de suelo en un 90 por ciento.
2. Triplica los ingresos de los campesinos.
3. Mejor aprovechamiento de los recursos luz, agua y nutrientes, que se reflejan en eficiencias relativas de la tierra y del uso del agua.
4. Disminución de la pérdida de suelo, incremento de la materia orgánica de la tierra y, en consecuencia, la mitigación del cambio climático. (SADER, 2022)

A pesar de los significativos beneficios que ofrece para el control de la erosión del suelo y el apoyo a la economía de las familias productoras, el sistema MIAF continúa

siendo percibido por numerosos productores de la región como una tecnología compleja (Terrones, 2022).

El cultivo intercalado tiene varios objetivos:

- a) Maximización en el uso de recursos: permite un uso más eficiente de los recursos disponibles, como agua, luz y nutrientes. Al combinar plantas con diferentes necesidades y características, se aprovecha mejor el espacio y se reduce la competencia entre las especies.
- b) La mejora en la calidad y cantidad de la cosecha: al diversificar los cultivos, se pueden obtener productos de mejor calidad y en mayor cantidad. Algunas plantas pueden tener efectos beneficiosos sobre otras, como la mejora de la fertilidad del suelo o la protección contra plagas y enfermedades. (Uribelarrea *et al*, 2007; Malézieux *et al*, 2009)
- c) La maximización de las interacciones positivas (facilitación) y disminución de las negativas (competencia): el cultivo intercalado busca crear un ambiente favorable para las plantas, fomentando las interacciones positivas, como la facilitación, y reduciendo las negativas, como la competencia. Por ejemplo, una planta puede proporcionar sombra a otra que lo necesite, o una planta puede repeler insectos dañinos para otra (Ndakidemi, 2006)

2.3 ¿Qué es el programa sembrando vida en México?

El programa Sembrando Vida (SV) se configura como una iniciativa dentro de las políticas públicas del gobierno federal de México para el periodo 2018-2024, con el objetivo de fortalecer el sector agropecuario y promover el bienestar social y medioambiental. Simultáneamente, busca satisfacer las demandas actuales sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. (López, 2019)

Sembrando Vida es uno de los Programas para el Bienestar promovidos por el Gobierno de la Cuarta Transformación. A través de este programa, se otorgan apoyos económicos y en especie a personas mayores de edad que se dedican a la agricultura y residen en localidades rurales. Estos municipios presentan niveles de rezago social

y los beneficiarios deben ser propietarios de 2.5 hectáreas disponibles para la implementación de un proyecto agroforestal (SEBIEN, 2020).

En 2024, el programa busca tener una cobertura en diversos estados del país como son Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas hasta alcanzar la meta de hectáreas de un millón 139 mil 372.5 (1,139,372.5 ha) (SEBIEN, 2020).

De acuerdo con el sitio oficial de la secretaria del bienestar (2020), los criterios y/o requisitos para recibir este apoyo son:

- Ser sujeto agrario que habite en algún municipio o localidad con rezago social.
- Ser mayor de edad.
- Tener disponibles 2.5 hectáreas para trabajar en un proyecto agroforestal (se debe acreditar la propiedad o posesión).
- Aceptar el cumplimiento de todas las disposiciones legales aplicables.
- Identificación oficial vigente en original y copia.

2.4 Sistemas o producción agroecológicas en la milpa y cultivos básicos en México

La agroecología se define como una disciplina científica, un conjunto de prácticas y un movimiento social. Como disciplina científica, se enfoca en el análisis de los diversos componentes del agroecosistema. Se persigue la búsqueda de sistemas agrícolas sostenibles a través de un conjunto de prácticas que optimicen y estabilicen la producción. Como movimiento social, persigue roles multifacéticos en el ámbito agrícola, promueve la justicia social, fortalece la identidad y la cultura, y refuerza la viabilidad económica de las áreas rurales (FAO, 2025).

Las características fundamentales de la agroecología se centran en la búsqueda de soluciones locales, estableciendo conexiones con la economía y los mercados regionales. Además, esta disciplina contribuye a mejorar el sustento y la calidad de

vida de los agricultores en el ámbito rural. De este modo, la agroecología podría desempeñar un papel significativo en la erradicación de la pobreza y el hambre en las zonas rurales. Como una solución adaptada a las necesidades locales, la Agroecología tiene como objetivo la producción de alimentos que sean más nutritivos y culturalmente apropiados, además de generar una menor cantidad de residuos alimentarios. La diversidad en la producción agrícola permite a los agricultores cultivar una amplia gama de alimentos que aportan distintos nutrientes, lo que contribuye a asegurar una dieta equilibrada (FAO, 2025).

2.5 Prácticas agroecológicas como alternativas en el programa sembrando vida en México.

La propuesta agroecológica consiste en recuperar tanto los insumos teóricos discutidos en el medio académico y político, como las experiencias desde la vida local y regional. Estas últimas cargadas de historias que resistieron a la adopción, o más bien la imposición, del modelo agrícola industrial, ya sea por exclusión de los pequeños productores que no podían sumarse a la adquisición de esos paquetes tecnológicos, o por decisión propia de continuar con una forma de hacer y ser agricultor desde los saberes tradicionales (Martines *et al.*, 2025)

2.6 ¿Qué es el glifosato?

El glifosato es un ácido orgánico soluble en agua, derivado fosfonometilo del aminoácido glicina, cuyo componente activo es N-(fosfonometil) glicina (Davoren y Schiestl, 2018). Se han identificado dos vías de degradación del glifosato en el suelo. La primera está relacionada con la actividad enzimática de la liasa sobre los ligandos C-P, lo que resulta en la liberación de sarcosina y fosfato (Hove-Jensen *et al.* 2014, Sun *et al.* 2019). La segunda consiste en un proceso de oxidación mediado por la enzima glifosato reductasa (GOX), que descompone el enlace C-N, generando el metabolito ácido aminometilfosfónico (AMPA), el cual presenta una mayor persistencia en el medio que el glifosato mismo (González *et al.*, 2022).

Las formulaciones comerciales de herbicidas no se limitan únicamente al glifosato. Defarge *et al.* (2018) demostraron que los herbicidas que contienen entre el 36% y el

48% de dicho ingrediente incluyen moléculas de acción surfactante derivadas del petróleo, tales como el POEA y otros contaminantes. Estos autores identificaron la presencia de metales pesados, tales como cromo, cobalto, plomo y níquel, así como niveles de arsénico que exceden los límites permitidos en el agua, incluso tras las diluciones recomendadas para el uso agrícola de los herbicidas (Defarge *et al.*, 2018).

2.6.1 Impacto del Glifosato en México

El incremento en el uso de glifosato en la agricultura se debe, en gran medida, a la reducción de los precios de este herbicida, que se produjo tras la expiración de la patente de la formulación comercial en el año 2000 (Bonny, 2016). México también se encuentra entre los países que aplican de manera masiva plaguicidas, incluyendo fungicidas, herbicidas e insecticidas. Desde la implementación del paradigma tecnológico de modernización de la agricultura orientada al capital, conocido como "Revolución Verde", se ha observado un aumento significativo en el uso de plaguicidas en el campo mexicano (Bejarano-González, 2017). Según la Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos, A.C., el mercado de agroquímicos en México presenta un valor anual aproximado de 15,684 millones de pesos (COFECE, 2015). Los plaguicidas constituyen el segundo insumo de mayor valor para la producción agrícola, precedidos únicamente por los fertilizantes (COFECE, 2015). Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se registró en México un uso aproximado de 4.55 toneladas de plaguicidas por cada 1,000 hectáreas entre los años 2009 y 2010. En el año 2013, se aplicaron un total de 31,195 toneladas de herbicidas (Arellano-Aguilar y Rendón von Osten, 2016). En México, se encuentran disponibles para la comercialización los herbicidas Faena®, Cacique 480®, Nobel 62%®, Lafam®, Eurosato® y Agroma®, entre otros, que contienen glifosato como ingrediente activo (Arellano-Aguilar y Montero-Montoya, 2017).

2.6.2 Eliminación del uso del glifosato en México

El primer Decreto Presidencial, publicado el 31 de diciembre de 2020 en el Diario Oficial de la Federación, establece las acciones que deben llevar a cabo las dependencias y entidades que conforman la Administración Pública Federal, en el

ámbito de sus competencias. Este decreto tiene como objetivo sustituir de manera gradual el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química conocida como glifosato, así como de los agroquímicos que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas. Estas alternativas deben permitir mantener la producción y ser seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el medio ambiente (Rio et al., 2021).

En respuesta a la prohibición, las corporaciones nacionales y multinacionales que promueven producen y comercializan este herbicida tóxico han adoptado diversas estrategias en oposición al decreto. La industria alimentaria presentó aproximadamente 26 amparos en contra del decreto presidencial que establece la eliminación gradual del uso del glifosato. Esta acción se fundamenta en el orden público internacional, en particular en los acuerdos relacionados con los derechos humanos (Enciso, 2021).

2.7 Arvenses

El desarrollo de una flora no deseada puede ser ocasionado por la interacción de procesos ecológicos y evolutivos. Es altamente probable que una especie se transforme en maleza como resultado de cambios en el hábitat, dado que el proceso de selección constituye, en esencia, una alteración ecológica. En el ámbito de las escalas ecológicas temporales, es posible distinguir la pre-adaptación y la inmigración, ambos procesos que desempeñan un papel predominante en la presencia de las malezas en el hábitat. La aparición de especies resistentes a los herbicidas y la caracterización de especies dentro del taxón correspondiente constituyen un ejemplo pertinente de la escala temporal evolutiva (Labrada et al., 1996).

Desde la perspectiva del ser humano, cualquier planta que crece en un lugar no previsto se considera una maleza. Como señalan Wilkinson y Jaques (1972), muchas especies que son consideradas útiles o inofensivas se convierten en plantas indeseables cuando se desarrollan en lugares inapropiados. Un ejemplo de esto es la avena que crece en un cultivo de soya, así como el mezquite en áreas de pastizal, entre otros. El término ha alcanzado tal grado de generalización que en la actualidad

abarca todas las especies que, bajo determinadas condiciones, resultan desfavorables para los objetivos humanos (Villarreal, 1983).

Las pérdidas agrícolas y el aumento en el costo de la producción alimentaria ocasionados por las malezas son significativos. Estas malezas se encuentran dispersas y son tan prevalentes que los agricultores no tienen claridad sobre el monto de las pérdidas que generan ni sobre los beneficios que obtienen al implementarse medidas de control. Los estudios indican que, de no controlarse, pueden ocasionar un daño del 42% en los cultivos (CESAVEM, 2015). Las arvenses representan un problema significativo en los cultivos de interés para los agricultores, ya que, en ausencia de un control adecuado, pueden ocasionar pérdidas de hasta el 80% en el rendimiento. Asimismo, su presencia puede incrementar los costos de la cosecha y reducir la calidad de los productos. (Hernández et al., 2022)

Las especies de arvenses terrestres se mantienen en el suelo gracias a sus estructuras latentes, que pueden ser semillas u órganos vegetativos de propagación, tales como rizomas, tubérculos y estolones. En situaciones de infestaciones densas, los bancos de semillas o meristemos subterráneos, de los cuales se integran nuevas plantas en las poblaciones adultas, pueden alcanzar dimensiones excepcionalmente grandes (Rao, 1968).

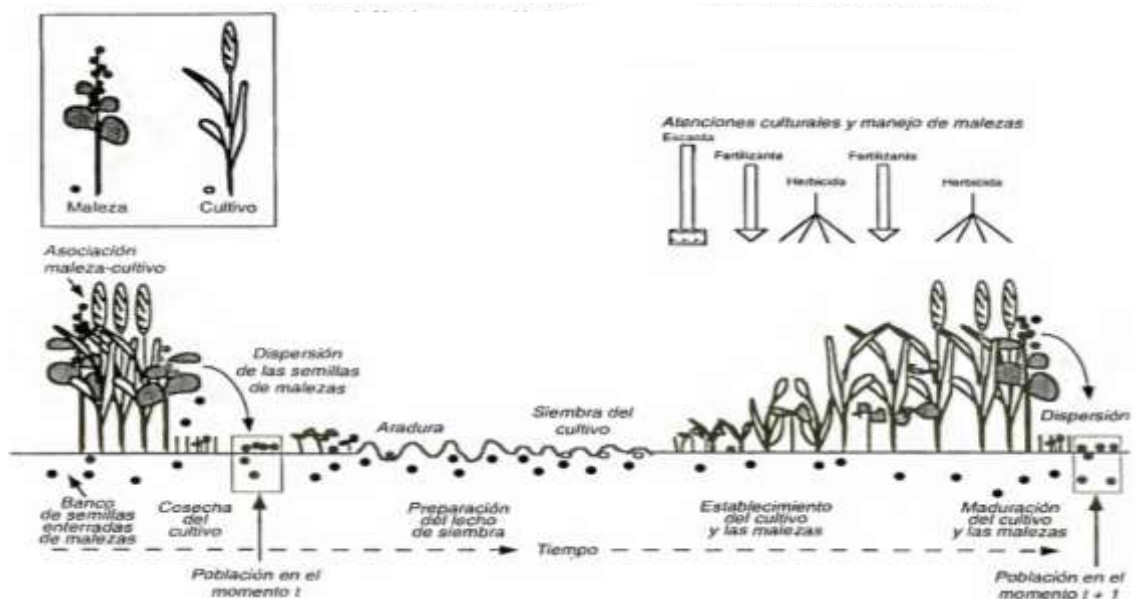


Figura 2.3 Ciclo de vida idealizado en una asociación maleza-cultivo (según Cousens y Mortimer, 1993)

2.7.1 Clasificación de las arvenses

La identificación de las malezas es un requisito fundamental para el éxito de cualquier programa de manejo de estas. Con frecuencia, se emplean claves simples para la identificación de plantas o guías basadas en fotografías o ilustraciones para el reconocimiento de malezas. No obstante, ciertos aspectos taxonómicos relacionados con las plantas pueden resultar complejos y demandar un conocimiento avanzado sobre las estructuras vegetales y la terminología taxonómica (Baumann, 2013).

Varios autores indican que las arvenses son especies vegetales que coexisten con los cultivos económicos. Su manejo se considera una actividad de selección y conservación de coberturas adecuadas, las cuales previenen la competencia interespecífica durante su período crítico y, al mismo tiempo, contribuyen a la protección del recurso natural del suelo.

De acuerdo con Blanco Valdés (2014), las arvenses pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Según su hábitat, pueden ser: agrestes, ruderales, arvenses de pasturas y arvenses acuáticas.
- Según el tipo de hoja: hoja ancha y hoja angosta.
- Según la consistencia del tallo: leñosas, semileñosas y herbáceas.
- Según el ciclo de vida: anuales o perennes.
- Según su nocividad: puede ser alta, mediana o levemente nocivas.

Aunque existen diversas maneras de clasificar las malezas, lo más tradicional ha sido diferenciar dos grupos importantes:

- Clasificación por su tipo de hoja:

Hojas anchas: comúnmente denominadas dicotiledóneas, lo que implica que las plántulas presentan dos hojas cotiledonares, las cuales son visibles al momento en que la planta emerge del suelo. Generalmente, las plantas de hoja ancha presentan hojas con una superficie mayor en comparación con los pastos y los tallos ramificados. Las nervaduras de las hojas anchas presentan una disposición similar a una red o exhiben una apariencia ramificada (Blanco et al., 2014). Se clasifican según su

pertenencia a alguna de las siguientes cinco familias botánicas: Malváceas, Fabáceas, Euphorbiáceas, Myrtáceas y Asteráceas (Auravant, 2024).

Hoja angosta: Los zacates y juncias, conocidos como coquitos, pertenecen al grupo de las monocotiledóneas. Esto implica que sus plántulas presentan únicamente un cotiledón, denominado coleoptilo en el caso de los zacates. Los zacates presentan hojas alargadas con nervaduras paralelas que se extienden hasta la vaina. Los tallos de los zacates presentan comúnmente una forma redondeada o aplanada al ser observados en un corte transversal. Las juncias, comúnmente conocidas como coquitos, presentan generalmente tallos de forma triangular cuando se examinan en cortes transversales. Según Blanco et al. (2014), estas especies pertenecen a tres familias principales: Cyperaceae, Poaceae y Arecaceae (Auravant, 2024).

➤ Clasificación por su ciclo de vida:

Anuales: Se trata de aquellas especies que finalizan su ciclo de vida en un período determinado y cuya única forma de propagación son las semillas, las cuales generalmente producen en gran cantidad. Existe un grupo de estas malezas, denominado de otoño-invierno, que se distingue por su germinación durante dicha temporada. Estas malezas se desarrollan en primavera, producen semillas y finalizan su ciclo de vida a finales de primavera o en verano. Existe otro grupo de malezas, denominado de primavera-verano, que requiere temperaturas más elevadas para iniciar su ciclo. Por lo tanto, germinan y se desarrollan en primavera, y la producción de sus semillas se produce tardíamente en verano o a inicios de otoño (González et al., 2010).

Bienales: también denominadas bianuales completan su ciclo de vida en un período de dos años. Las malezas bienales surgen en la primavera y el verano, permanecen en estado vegetativo durante el invierno, adoptando la forma de una roseta de hojas basales, y reanudan su crecimiento en la primavera del año siguiente. La producción de semillas ocurre durante la primavera, el verano o el invierno del segundo año, dependiendo de la especie. Durante este proceso, se desarrolla el tallo floral, se generan las semillas y posteriormente la planta muere (Sela, 2020).

Perennes: poseen la capacidad de sobrevivir durante extensos períodos, regenerándose a partir de estructuras vegetativas. Existen ciertas especies dominantes, denominadas perennes simples, que se reproducen a través de semillas; sin embargo, también tienen la capacidad de rebrotar desde la corona o la raíz perenne (González, 2010).

2.7.2 Manejo Ecológico Integral de Arvenses (MEIA)

El MEIA constituye una alternativa al uso de herbicidas tóxicos, ya que no persigue la erradicación de las arvenses, comúnmente denominadas malezas, sino su control y aprovechamiento. Esta alternativa se fundamenta en la comprensión de las condiciones ecológicas necesarias para que diversas especies de arvenses germinen, crezcan y se reproduzcan. Consiste en diseñar prácticas que restrinjan cada una de estas condiciones y en combinar dichas prácticas a través de planes de manejo que permitan mantener las poblaciones de arvenses en niveles aceptables a largo plazo. El MEIA también optimiza las condiciones del suelo, la retención de la humedad y el control biológico de plagas, lo que a su vez disminuye la dependencia de otros insumos agroquímicos tóxicos (Urrutia y García, 2021).

En los trabajos compilatorios de alternativas al glifosato realizados por la Universidad de Costa Rica (Ramírez, 2021) y Greenpeace (Escalona-Aguilar *et al.*, 2021) se clasifican las prácticas mencionadas en 7 grupos:

- 1) Prácticas preventivas
- 2) Prácticas culturales
- 3) Prácticas físicas
- 4) Prácticas mecánicas
- 5) Coberturas vegetales
- 6) Prácticas de control biológico
- 7) Herbicidas naturales y bio-herbicidas.

2.7.3 Control de arvenses

Una de las razones que contribuyen a la obtención de rendimientos bajos y a los altos costos de producción en los cultivos es la elevada presencia de arvenses, las cuales ocasionan daños significativos. Además, su control implica gastos considerables debido a la utilización de productos químicos sintéticos u otras alternativas de manejo. La implementación de un control adecuado de arvenses requiere un conocimiento previo sobre las características específicas de las especies, así como sus interacciones con el cultivo y las prácticas de manejo. Es fundamental identificar el período de mayor incidencia de las arvenses en el cultivo, así como las pérdidas que estas puedan ocasionar. Cuando la competencia es ejercida por una comunidad vegetal compuesta por especies gramíneas y latifoliadas, el período máximo de interferencia que el cultivo puede tolerar sin que su rendimiento se vea afectado se presenta antes de alcanzar la sexta u octava hoja (etapas V6 y V8). En el caso de una predominancia de gramíneas, el proceso competitivo para las especies anuales se manifiesta con mayor intensidad antes del desarrollo completo de la cuarta hoja (etapa V4). En contraste, para las especies perennes, este proceso puede presentarse con anterioridad. En consecuencia, es fundamental realizar las actividades de control de arvenses en el momento adecuado; de lo contrario, los daños que pueden ocasionar en la productividad del cultivo son irreversibles. (Blanco et al., 2014)

De acuerdo con Labrada *et al.*, 1996. Existen diversos métodos de control de las arvenses para reducir su proliferación a un determinado nivel, estos pueden ser:

1. Métodos preventivos, incluyen los procedimientos de cuarentena para prevenir la entrada de una arvense en el país o en un territorio particular.
2. Métodos físicos: el arranque manual, azadón, corte con machete u otra herramienta y labores de cultivo.
3. Métodos culturales: rotación de cultivos, preparación del terreno, uso de variedades competitivas, distancia de siembra o plantación, cultivos intercalados o policultivo, cobertura viva de cultivos, acolchado y manejo de agua.
4. Control químico a través del uso de diversos herbicidas.

5. Control biológico: uso de enemigos naturales específicos para el control de especies de malezas.

2.8 Alternativas mecánicas para el control de arvenses

El manejo mecánico implica la utilización herramientas y equipos mecánicos para el control de arvenses. Estas pueden ser desde herramientas básicas manuales, como machete y azadón, hasta tractores altamente equipados (Urrutia y García, 2021).

De manera tradicional, las arvenses se han controlado con cuchillo, azadón y pala desde mucho antes de la aparición de los herbicidas químicos como el glifosato. Los y las campesinas, así como los grandes productores agrícolas, continúan usando e innovando estas herramientas para controlar las arvenses (Urrutia y García, 2021). Por lo tanto, la herramienta más utilizada para el control de arvenses dentro de la pequeña producción en nuestro país es el machete.

El control mecánico es una alternativa cuando algunas medidas preventivas no logra tener control sobre las arvenses, sobre todo durante el período crítico, algunas máquinas, métodos y herramientas se describen a continuación:

1. **Escardas.** Efectivo frente a casi todo tipo de arvenses que compiten con los cultivos. Esta debe llevarse a cabo de forma específica y orientada hacia las zonas de crecimiento de las malezas cuando el cultivo está establecido, evitando cualquier alteración en el proceso de desarrollo del cultivo. Existe otro tipo de llamadas escardas superficiales estas destacan porque evitan traer mayor cantidad de semillas de las malezas a la superficie (INTAGRI, 2017).
2. **Deshierbe manual.** Este método demanda una considerable cantidad de mano de obra, y en la actualidad se considera como la última medida debido al elevado costo que implica en determinadas situaciones. La implementación de herramientas adecuadas incrementa la eficiencia del control. De igual forma, es más sencillo eliminar las malezas cuando están en una etapa de brote. (INTAGRI, 2017)
3. **Desbrozadora o chapeadora.** Son dispositivos diseñados para realizar el corte a ras de suelo, ya sea mediante hilo de nailon o disco. Además, resultan muy eficaces para la sequía de la vegetación en áreas de difícil acceso para tractores y

cortacéspedes, como taludes o terrenos escarpados, en los que se pueden emplear modelos específicos para este propósito, como pueden ser las desbrozadoras de mochila. (Anova, 2023)

4. **Motocultores**, denominados como maquinaria ligera y que al igual que los tractores tienen la capacidad de cubrir grandes extensiones de terreno en poco tiempo y no son tan contaminantes al medio como los herbicidas (figura 2.4). (Gómez-Calderón *et al.*, 2017). Están dotados básicamente de un implemento o apero para desarrollar la labor deseada. Su potencia no suele superar los 19hp (Quiroz, 2022).

Las herramientas mecánicas suelen ser en trabajo colectivo y son más efectivos cuando se conoce y entiende la comunidad de arvenses que se está controlando. Al utilizarlos en el período crítico de competencia entre las especies arvenses y los cultivos se define como el intervalo en el cual la presencia de las arvenses provoca una disminución en el rendimiento de los cultivos, así como el momento en el que resulta más factible llevar a cabo intervenciones, se consigue una gran eficiencia en el deshierbe. (Ramírez Muñoz, 2021; Escalona Aguilar *et al.*, 2021).



Figura 2.4 Control mecánico de arvenses con motocultor

2.8.1 El motocultor como equipo para el control de arvenses

En Australia, en el año 1912, Arthur Clifford Howard, con el propósito de asistir a su padre en las labores agrícolas, se dedicó a la invención de un tractor de vapor equipado con cuchillas rotativas que operaban mediante un sistema de empuje. En el año 1919, consolidó su sistema bajo la denominación de motocultor y, finalmente, en 1920, procedió a patentarlo (Chavanel, 2024).

En el año 1942, en Italia, el ingeniero profesional Luigi Castoldi desarrolló la primera segadora de barra destinada a un tractor de dos ruedas, lo que condujo a la creación del motocultor tal como se conoce en la actualidad. Con este invento se logró disminuir la necesidad de trabajo manual en el ámbito agrícola, especialmente en lo que concierne a la henificación y la recolección de granos. Con el transcurso del tiempo, adquirió popularidad en Italia, logrando así expandir su uso al resto de Europa y, posteriormente, al mundo entero (BCS, 2024).

Esto llevó a que Castoldi se dedicara al diseño y la creación de una variedad de accesorios y componentes para estos tractores de dos ruedas. A partir de ese momento, BCS se ha consolidado como la empresa líder en la fabricación de motocultores a nivel mundial, contando con más de 75 años de trayectoria y experiencia en el sector (BCS, 2024).

Los motocultores son máquinas motrices que se operan a pie y están diseñadas para accionar y/o arrastrar diversos equipos de trabajo agrícola destinados a la preparación del terreno. Además, representan un recurso valioso para los cultivos ecológicos, ya que facilitan un trabajo profesional y eficiente, al tiempo que se preserva la producción y el cultivo. La variedad de aperos que pueden acoplarse los convierte en herramientas funcionales a lo largo de todo el año (Clara y Quiroz, 2020).

El motocultor le permite a pequeños y medianos productores reducir el tiempo de trabajo y el esfuerzo de las actividades, y también pueden disminuir los costos a mediano y largo plazo. Estas modificaciones son importantes pues aumentan la rentabilidad de la agricultura familiar y posibilita que pequeños productores accedan a

mercados con mejores precios de venta. Además, esta herramienta permite reducir o eliminar el uso de productos químicos en el manejo de arvenses. (Quiroz, 2022)

Entre los componentes primordiales de un motocultor podrían encontrarse: la carrocería que alberga los componentes de la maquinaria incluyendo el motor, embrague, caja de velocidades, toma de fuerza, manceras aquí se encuentran los controles del motocultor, sus 2 ruedas especiales, entre otros. (ILGA, 2022)

De acuerdo con Quiroz en el año 2022, en la gaceta informativa número 13 con respecto al “manejo ecológico integral de arvenses en México” nos da recomendaciones para elegir un motocultor. Las principales características que se deben tener en cuenta al momento de elegir un modelo son: tipo de motor, ancho y profundidad del trabajo que se va a realizar, tipo de implemento que se quiere usar (no todos los implementos se ajustan a todos los modelos), disponibilidad de refacciones y posibilidad de realizar reparaciones de forma local.

Desde una perspectiva económica, la inversión inicial necesaria para adquirir un motocultor nuevo, que incluya los implementos más habituales para el trabajo agrícola, es inferior a la que se requeriría para la adquisición de un tractor agrícola. Así como se observa en el cuadro 2.1 donde podemos apreciar que en comparación a los tractores estos son de menor costo y con potencias aceptables para trabajo en campo. Por otro lado, el consumo de combustible es inferior en el caso de un motocultor en comparación a una máquina de mayor tamaño. Además de contaminar menos y ser más coherente con los requisitos de las certificaciones de agricultura ecológica. (BCS,2024)

Cuadro 2.1. Ejemplos de motocultores comercializados en México

Marca	Descripción	Precio	Imagen
HYUNDAI TORO 900	Potencia: 9 hp	\$49,115	
	Combustible: Gasolina		
	Ancho De Trabajo: 1 metro		
	Arranque: manual		
	Dimensiones: 135 x 88 x 83 cm		
DUCATI DTL7000	Peso (kilogramos): 177	\$22,990	
	Potencia: 7 hp		
	Combustible: Gasolina		
	Ancho De Trabajo: 50, 60, 80 cm		
	Arranque: manual		
HONDA FJ500	Dimensiones: 90 x 85 x 55 cm	\$29,344	
	Peso (kilogramos): 82		
	Potencia: 5.5hp		
	Combustible: Gasolina		
	Ancho De Trabajo: 0.96 metros		
HYUNDAI RAM 750xt	Arranque: manual	\$14,990	
	Dimensiones: 139.5 x 64 x 90 cm		
	Peso (kilogramos): 58		
	Potencia: 7 hp		
	Combustible: Gasolina		
Parazzini	Ancho De Trabajo: 1 metro	\$38,990	
	Arranque: manual		
	Dimensiones: 83 x 79 x 46 cm		
	Peso (kilogramos): 85.6		
	Potencia: 7 hp		
	Combustible: Gasolina		
	Ancho De Trabajo: 0.97 metro		
	Arranque: manual		
	Dimensiones: 83 x 70 x 53 cm		

2.8.2 La desbrozadora en el control de arvenses

La desbrozadora, igualmente denominada desmalezadora o bordeadora, es un instrumento eficiente empleado para cortar, controlar o eliminar las malezas (figura 2.5) a lo largo, diferentes áreas como los bordes y alrededor de los árboles, además de lugares donde una podadora no puede llegar. El propósito de esta máquina es cortar las arvenses que se encuentra en la parte superior del suelo (Hernández, 2024).



Figura 2.5 Desbrozadora alternativa para el control de arvenses

Estas máquinas son fáciles de manejar, además de ser livianas, contribuye a disminuir el agotamiento producido en el operador. Se emplean para recortar los bordes carreteros, vialidades y caminos, ya que pueden presentar un diseño curvo, permitiendo una mayor maniobrabilidad y control superior sobre las mismas (Hernández, 2024)

Alternativamente, existen algunas que proporcionan un óptimo equilibrio del peso y son más seguras para el usuario. Dado que el cabezal (o disco) se sitúa más lejos del operario y posee una barra recta, estas son idóneas para acceder a áreas complejas como, por ejemplo, debajo de alambrados y cercos, entre otros. Esta categoría de aparatos puede presentar ciertas variaciones en sus propiedades, facilitando así su adaptación a las exigencias particulares de cada tarea a ejecutar. (Hernández, 2024)

El CONAHCYT en la gaceta informativa número 12 con respecto al “manejo ecológico integral de arvenses en México” nos dice los criterios más importantes que deben considerarse para seleccionar la desbrozadora correcta. Por un lado, está la cuestión funcional, por otro la elección del sistema de comercio que se desea apoyar ya sea nacional o transnacional (Gómez, 2022).

De acuerdo con su funcionalidad necesita que tengan las siguientes características:

- 1) Las refacciones sean de fácil acceso.

- 2) Tengan una alta potencia.
- 3) Bajo consumo de combustible.
- 4) Alta durabilidad.
- 5) Largo periodo de funcionamiento (duración de 5 años, 6 horas por día aproximadamente).

Muchas veces las máquinas que cumplen con estos lineamientos son máquinas que pertenecen al sistema transnacional de venta. Existen alternativas que se desarrollan en México o en otras zonas de América Latina que no cumplen con todos los requerimientos pero que son más baratas y ofrecen un sistema de compra/venta más justo para el productor. (Gómez, 2022).

Hay reportes del uso exitoso de la desbrozadora para el control de arvenses en diferentes cultivos como por ejemplo en naranja, aguacate, control forestal y huertas de frutas en general (Duarte y Martins, 2005; Godínez, 2022; Gómez Tovar y Gómez Cruz, 2022). Además la desbrozadora se puede combinar con facilidad con otro tipo de estrategias de MEIA como lo son las coberturas vivas. Así, las desbrozadoras permiten mantener el suelo protegido con cubiertas vegetales entre las filas y controlar su desarrollo para que no representen un problema en el cultivo. El uso de esta herramienta ayuda a disminuir la erosión del suelo y facilita el desplazamiento de maquinaria dentro de los huertos (Duarte y Martins, 2005; Gómez *et al.*, 2017).

2.9 Alternativas químicas para el control de arvenses

Los sistemas agrícolas contemporáneos, caracterizados por su alta productividad y consumo energético, emplean de manera intensiva los herbicidas como el método preferido para el control de malezas. Sin embargo, esta práctica ha generado consecuencias relacionadas con la dependencia y la insostenibilidad. (Ramírez, 2021)

La evolución tecnológica en la producción de plaguicidas, junto con otras innovaciones en el ámbito agrícola, ha contribuido de manera significativa a que la producción agrícola se mantenga a la par con los incrementos sin precedentes en la demanda de alimentos. No obstante, este logro se ha alcanzado a expensas de la salud humana y del medio ambiente, y, al mismo tiempo, el incremento en la producción de alimentos

no ha conseguido erradicar el hambre a nivel global. La dependencia de plaguicidas peligrosos constituye una solución a corto plazo que compromete el derecho a una alimentación adecuada y el derecho a la salud de las generaciones presentes y futuras (ONU, 2017).

Uno de los grupos más utilizados a nivel mundial son los herbicidas, que son plaguicidas empleados para el control de plantas, principalmente aquellas que crecen en asociación con los cultivos agrícolas o como malezas (Ramírez, 2021).

2.9.1 ¿Qué son los herbicidas?

Los herbicidas son productos compuestos por diferentes químicos empleados con el objetivo de inhibir o interrumpir el desarrollo de plantas indeseables. De acuerdo con su etimología, del latín “*herba*” (hierba) y “*cida*” (exterminador), se trata de un producto que mata a las hierbas que perjudican al cultivo y que son de fácil dispersión, debido a que sus semillas se propagan a través del viento; poseen una resistencia muy alta, además de competir por recursos como: agua, luz, nutrientes y espacio (Seo simple, 2023).

Los herbicidas pueden aplicarse tanto sobre el follaje como en el suelo. Los productos que se aplican directamente sobre el follaje tienen un efecto específico en la zona tratada y se clasifican como herbicidas de contacto. En contraste, aquellos que se distribuyen únicamente desde el follaje tratado hacia un sitio de acción en otra parte de la planta son denominados herbicidas sistémicos. Los herbicidas aplicados al suelo, que afectan la germinación de las malezas, requieren un período de tiempo determinado para su eficacia y se clasifican como herbicidas residuales. Algunos residuos de herbicidas presentan una acción de contacto, afectando las raíces y los tallos a medida que emergen de la semilla. Por otro lado, existen otros que penetran en la raíz y en las partes subterráneas de la planta, trasladándose hasta su punto de acción (Labrada et al., 1996).

2.9.2 Tipos de herbicidas

Se pueden clasificar los herbicidas de diversas maneras (figura 2.6): en función de sus propiedades, su aplicación y su mecanismo de acción.

a) Herbicidas totales

Se refiere a aquel que opera sobre todas las especies de malezas sin restricciones, aplicándose para controlar la totalidad de las hierbas indeseadas, dado que no hace distinción entre los diferentes tipos de cultivos. Este tipo de herbicidas se emplea en el proceso de limpieza y preparación de terrenos, con el objetivo de controlar todas las especies de malezas, tanto perennes como anuales. El glifosato constituye un ejemplo de herbicida de amplio espectro (Caseley, 1996).

b) Herbicidas selectivos

Este tipo de herbicidas se emplea en el control de una especie específica de maleza, sin perjudicar al resto del cultivo. Se presenta el caso de las dicotiledóneas, un tipo de maleza caracterizada por sus hojas anchas. En los meses de primavera y otoño, períodos en los cuales estas malezas proliferan, se utiliza un producto específico, como la atrazina, un herbicida selectivo que no afecta al maíz ni al sorgo (Rosales y Esqueda, 2006).

c) Herbicidas residuales

Los herbicidas residuales se emplean para erradicar las malezas que crecen en la base de los árboles. Se utilizan específicamente en la fruticultura. Su aplicación se realiza directamente sobre el suelo, lo que permite la formación de una película que causa la muerte de las arvenses al momento de su crecimiento. Sin embargo, una desventaja de este método es que no afecta a las plantas que ya se encuentran establecidas. (Seo simple, 2023)

d) Herbicidas remanentes

Los herbicidas remanentes forman una película sobre el suelo que impide la emergencia de malas hierbas o las elimina en etapas tempranas. Su persistencia puede variar en duración. No tienen un impacto en las malas hierbas ya desarrolladas, sino que afectan principalmente a aquellas que están en proceso de germinación. En otras palabras, su acción se centra en las especies que emergen de semillas (Unicom, 2022).

e) Herbicidas foliares

Se aplican sobre la superficie foliar de las plantas arvenses. Los herbicidas pueden clasificarse en dos categorías: aquellos de contacto no sistémico, que actúan únicamente sobre la superficie foliar en contacto con el herbicida, y los herbicidas de contacto sistémico, que penetran en el sistema vascular de la planta y se distribuyen hasta las raíces. Estos últimos presentan una acción más lenta, pero son altamente efectivos para eliminar especies vegetales que resultan difíciles de erradicar (Unicom, 2022).

f) Herbicidas de pre-siembra, preemergencia y post emergencia

Los herbicidas de pre-siembra se aplican sobre terrenos desnudos de vegetación con el propósito de preparar el suelo y eliminar la maleza, al menos un mes antes de iniciar el proceso de siembra. Los herbicidas de preemergencia se aplican antes de que ocurra una emergencia por plagas de malas hierbas, incluso en presencia de cultivos ya sembrados. Se recomienda su uso en parcelas que presenten antecedentes de plagas. Los herbicidas de postemergencia se aplican una vez que ha ocurrido la emergencia de una mala hierba. Generalmente, estos productos poseen acción foliar, actúan por contacto sistémico y presentan una acción residual (Seo Simple, 2023).

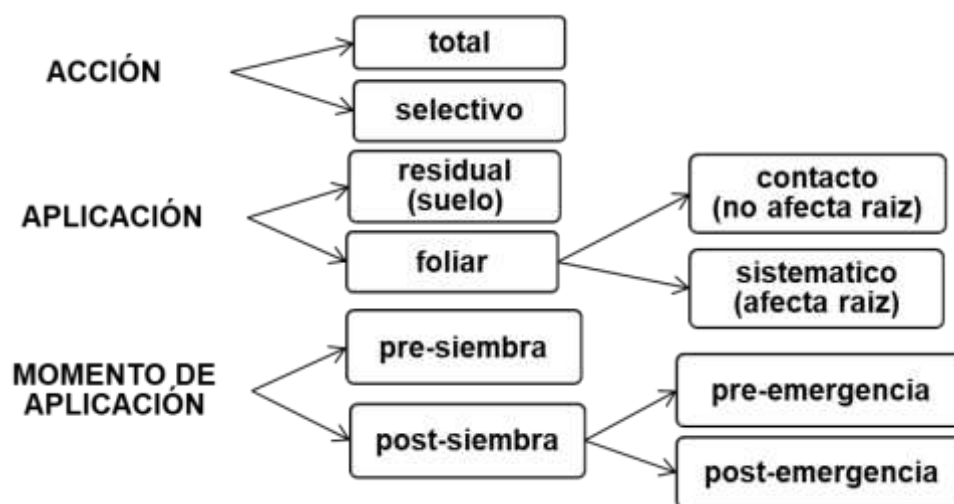


Figura 2.6 Clasificación de los herbicidas. (en línea: InfoAgronomo)

2.9.3 Aplicación de herbicidas

Los herbicidas generalmente se aplican en forma de solución o suspensión acuosa, mediante una dispersión de gotas dirigida hacia el objetivo de la aplicación. La concentración del ingrediente activo en la solución de aspersión puede variar típicamente entre el 0.1% y el 10%, mientras que el volumen de aplicación oscila entre 100 y 400 lha⁻¹, dependiendo del producto y del método de aplicación utilizado. No obstante, en la aplicación a través de discos giratorios, en ocasiones se utilizan volúmenes de hasta 10 lha⁻¹ y concentraciones de hasta el 50% (FAO, 1996).

Una adecuada aspersión asegura una protección óptima para el cultivo, un control efectivo de las malezas, un menor desgaste de los equipos y un ahorro en tiempo y combustible. Esto se traduce en una reducción de los costos operativos y en un menor costo de producción del cultivo (Camacho *et al.*, 2003).

Dos de los factores más relevantes que determinan la efectividad de la aspersión son el rango o espectro de tamaño de las gotas y la cobertura del objetivo por el asperjado (FAO, 1996).

Asperjadoras de tipo mochila. El equipo más utilizado para la aplicación de herbicidas es la asperjadora de tipo mochila, que se acciona mediante una palanca. Consiste en un tanque de plástico, o en menor medida de metal, que se colocará de manera vertical sobre el suelo para su llenado y que se adapta adecuadamente a la espalda del operador (figura 2.7). La capacidad del tanque generalmente oscila entre 10 y 20 litros; sin embargo, el peso total de la mochila completamente llena no debe superar los 20 kg. (FAO, 1996)



1. Cámara de presión
2. Tapa del tanque
3. Tanque de 18 litros
4. Agitador mecánico
5. Cilindro
6. Palanca de accionamiento

Figura 2.7 Partes de un equipo de espalda manual con sistema interno (autor: guías BPA)

Entre sus limitaciones se encuentra su baja capacidad, y la uniformidad en la aplicación del producto está sujeta a la habilidad del operador. Por otro lado, el operador está más expuesto al producto, por lo que resulta indispensable seguir de manera rigurosa las recomendaciones de manejo y aplicación que se encuentran en la etiqueta (Camacho et al., 2003).

Boquillas. Es el instrumento que finalmente dirige el plaguicida hacia su objetivo, que puede incluir hojas, frutos, insectos, entre otros. Contribuye a que el líquido asperjado logre una cobertura adecuada, la cual puede ser cuantificada mediante el número de gotas por centímetro cuadrado o a través del porcentaje de superficie total cubierta. Por lo tanto, resulta fundamental considerar el volumen de caldo aplicado (BPA, 2024).

Tipos de boquillas.

De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA, 2024), es de suma importancia utilizar boquillas adecuadas y en óptimas condiciones, ya que de ellas depende la cantidad de líquido, el tamaño de las gotas y la forma en que se dispersa el producto. Por esta razón, diversos productos requieren boquillas específicas. A continuación, se presentan los tipos más comunes.

Boquillas de cono. Se les denomina también turbulencias. Se caracterizan por proporcionar una aspersión en forma de cono, ya sea hueco o lleno (figura 2.8). Para

alcanzar la forma de cono, la boquilla está equipada con una cámara de turbulencia, la cual se compone de una placa con canales tangenciales y una placa de salida que presenta un orificio redondo calibrado. Esto permite que la salida del líquido se realice de manera uniforme. La altura de la cámara de turbulencia, el tipo de deflector y la presión determinan el ángulo de salida y el tamaño de las gotas (BPA, 2024).

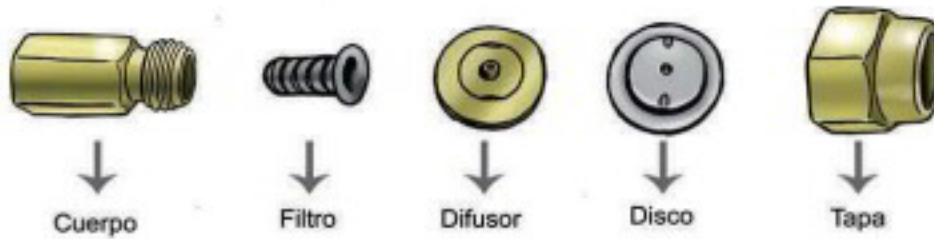


Figura 2.8 Partes de la boquilla de cono (autor: buenas prácticas agrícolas)

Boquillas de abanico. Se utiliza con mayor frecuencia en aplicaciones de herbicidas. Asimismo, son denominadas boquillas de raya, ojo chino o palmilla (figura 2.9). El perfil de aspersión presenta una forma oblonga, con una distribución reducida en sus extremos del 25%. Por lo tanto, es indispensable realizar una superposición o traslape de los abanicos para lograr una cobertura uniforme. Se pueden seleccionar temperaturas que oscilan entre 60 y 110 grados, siendo las más utilizadas aquellas de 80 y 110 grados. La separación en la barra, el ángulo y la altura sobre el suelo son factores que determinan la uniformidad de la cobertura (BPA, 2024).

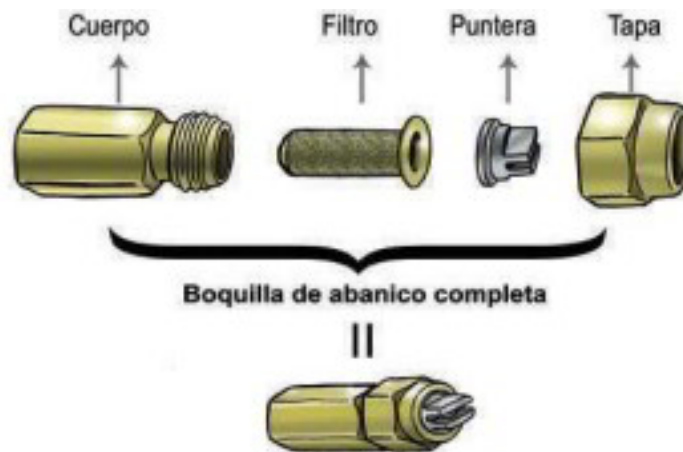


Figura 2.9 Partes de la boquilla de abanico (autor: buenas prácticas agrícolas)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, en la sección se describirán los materiales y métodos utilizados para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo. Esta investigación se realizó en el programa de Mecanización perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Cotaxtla, ubicado en las coordenadas s (18° 56'24'' N y 96° 11' 52'' W), en la zona centro del Estado de Veracruz. El clima tiene una clasificación AW1: Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (68.67%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (31.33%) y con una precipitación media anual de 1,417.8 mm. La temperatura media anual es de 25.3 ° C y una altitud media de 20 msnm

3.1 Materiales

A partir de describir las variables, describirá en cada sección como se recolecto las misma

Para la presente investigación se utilizaron las siguientes máquinas y materiales:

Materiales utilizados para el control mecánico:

- a)** Motocultor Parazzini
- b)** Desbrozadora
- c)** Cronometro
- d)** Cinta métrica
- e)** Combustible

Materiales utilizados en el control químico:

- f)** Bomba manual de fumigar
- g)** Cinta métrica
- h)** Cinco herbicidas de diferentes marcas comerciales
- i)** Estacas
- j)** Rafia o cuerda
- k)** Flexómetro
- l)** Probetas graduadas

3.2 Métodos

3.2.1 Generalidades

En la zona de evaluación predominaron las malezas angostas o zacates tipo gramíneas, especialmente *Dichanthium annulatum*, la cual cubre casi un 60% del terreno. Otras malezas presentes fueron *Tridax procumbens*, *Megathyrsus maximus*, *Ruellia blechum*, *Emilia sonchifolia*, *Lagascea mollis*, *Commelina erecta*, *Digitaria eriantha*, *Melochia pyramidata*, *Priva lappulacea*, *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense*, *Heliotropium indicum*, *Malvastrum coromandelianum* y *Euphorbia heterophylla*.

3.3 Evaluación de motocultor Parazzini

Previo a integrar el experimento de control mecánico de arvense se realizó la evaluación del desempeño de un motocultor Parazzini realizando un Diseño Experimental Parcelas Divididas en donde se utilizaron parcelas chicas como gama de velocidades (Alta, Media y Baja), parcelas grandes la velocidad de transmisión (primera y segunda) cada experimento se realizó con tres repeticiones como se aprecia en la figura (3.1).

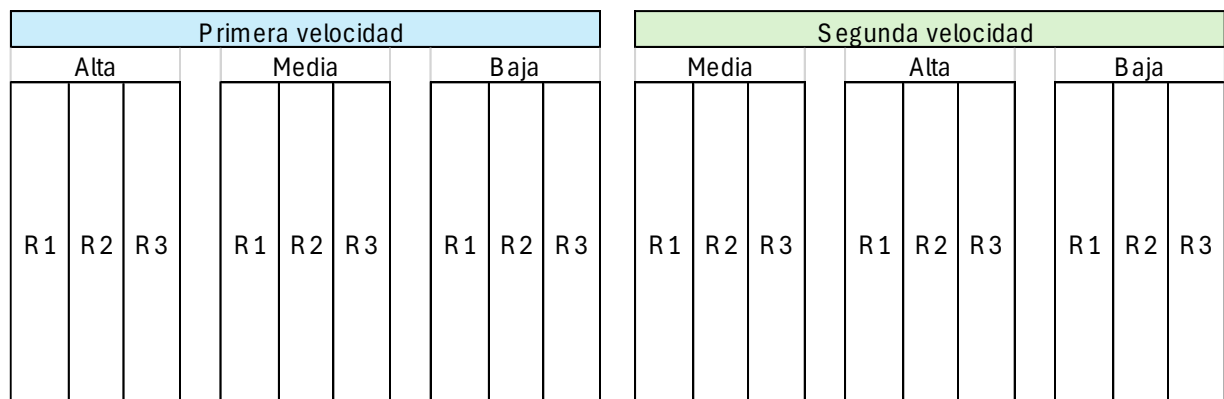


Figura 3.1 Distribución en campo de diseño experimental parcelas divididas

Se analizaron las variables: velocidad de trabajo, velocidad de reversa, consumo de combustible en ralentí y operación, tiempo de trabajo efectivo de operación, altura de corte de arvense, rendimiento teórico y rendimiento efectivo. para evaluar el motocultor como una alternativa para el control de arvense y determinar el rendimiento efectivo de trabajo, con base en la norma mexicana (NMX-O-233-SCFI-2019) tractores,

implementos y maquinaria agrícola – motocultores, motoazadas – especificaciones y métodos de prueba.

El motocultor evaluado es de la marca Parazzini (figura 3.2), modelo MCP7HP, con dos velocidades de avance y una de reversa, accionado por dos ruedas motrices, un motor a gasolina de 7 caballos de fuerza con una clasificación categoría III, con un tanque de combustible con capacidad de 3.5 litros y un peso de 57 kg. Al cual se le acopló una segadora agrícola con una altura de corte entre 2 - 6 cm y un ancho de trabajo de 0.97 y un peso de 30kg.



Figura 3.2 Motocultor marca Parazzini (en línea): <https://www.todopartes.mx/articulos/tp-14973-kmpsk-motocultor-parazzini-7-hp-con-segadora-agricola>).

3.3.1 Velocidad

a) Velocidad de avance

Para la evaluación de la velocidad de avance descrita por la distancia sobre tiempo $\left(v = \frac{d}{t}\right)$, se recolectaron los datos de extremo a extremo de 50 x 1 m como se aprecia en la figura (3.3), se midió el tiempo de recorrido con un cronometro para calcular la velocidad. La recolección de datos se aprecia en el experimento descrito en la figura (3.1), el análisis estadístico se describe en el siguiente modelo.

$$v_t = \mu + R + G + (RG) + v_a + (Rv_a) + (Gv_a) + (RGv_a) + \varepsilon$$

Donde:

v_t = Velocidad de avance (kmh^{-1})

μ = Media de los datos

R = Repeticiones (bloques)

G = Gama de velocidad (parcela chica)

v_a = velocidad de transmisión (parcela grande)

ε = Error experimental



Figura 3.3 Prueba de velocidad con motocultor Parazzini.

b) Velocidad de reversa

Para la evaluación de la velocidad de avance descrita por la distancia sobre tiempo ($v = \frac{d}{t}$), Esta prueba se realizó en una parcela con una distancia de 10 m de largo por 1 m de ancho teniendo como punto de partida y finalización cada extremo, con un cronometro se midió el tiempo de recorrido y se realizaron tres repeticiones por velocidad de reversa: con sus respectivas gamas de velocidad (alta y baja); y con sus velocidades de transmisión (primera y segunda). La recolección de datos se aprecia en el experimento descrito en la figura (3.1), el análisis estadístico se describe en el siguiente modelo.

$$v_r = \mu + R + G + (RG) + v_a + (Rv_a) + (Gv_a) + (RGv_a) + \varepsilon$$

Donde:

v_t = Velocidad de reversa (kmh^{-1})

μ = Media de los datos

R= Repeticiones (bloques)

G= Gama de velocidad (parcela chica)

v_a = Velocidad de transmisión (parcela grande)

ε = Error experimental

Para ambas pruebas el análisis de datos se realizó los softwares Microsoft Excel, Minitab 17 y R. Para lo anterior se estableció la base de datos que se aprecia en el Anexo (A y B) en donde primero se realizó la prueba de normalidad de datos para validar el uso del diseño estadístico.

3.3.2 Consumo de combustible en ralentí

Esta prueba consistió en evaluar el gasto de combustible producido en un periodo de tiempo en sus diferentes gamas de velocidad (alta, media y baja), para esto, se agregó 500 ml de gasolina al tanque y se arrancó el motor manteniendo el motocultor trabajando en ralentí (sin ninguna velocidad de trabajo), hasta que este se detuviera por sí solo, después se restó el combustible sobrante en el tanque para obtener el gasto del equipo en un tiempo determinado. El análisis estadístico se describe en el siguiente modelo.

$$TCC_r = \mu + R + G + (RG) + \varepsilon$$

Donde:

TCC_r = Tiempo de consumo de combustible en ralentí (min)

μ = Media de los datos

R= Repeticiones (bloques)

G= Gama de velocidad (parcela chica)

ε = Error experimental

Para el análisis de los datos se utilizaron los softwares Microsoft Excel, Minitab 17 y R. Para lo anterior se estableció la base de datos que se aprecia en el Anexo (C) en donde primero se realizó la prueba de normalidad de datos para validar el uso del diseño estadístico.

3.3.3 Consumo de combustible en operación

Esta prueba consistió en evaluar el gasto de combustible cuando el equipo se puso en operación con sus diferentes gamas de velocidades (alta, media y baja) con su respectiva velocidad de transmisión (primera y segunda). Para esto, se agregó al tanque dos litros de gasolina y se arrancó el motor con las diferentes combinaciones de velocidades. Se realizaron tres repeticiones por cada una de las dos velocidades de transmisión del motocultor y con tres gamas de velocidad haciendo un total de 18 repeticiones para esta evaluación. El área utilizada por repetición fue de 2 x 20 m de extremo a extremo. Los datos de recolección se encuentran descritos en la figura 3.1 y el modelo estadístico se describe a continuación:

$$CC_o = \mu + R + G + (RG) + v_a + (Rv_a) + (Gv_a) + (RGv_a) + \varepsilon$$

Donde:

CC_o = Consumo de combustible en operación (kmh^{-1})

μ = Media de los datos

R = Repeticiones (bloques)

G = Gama de velocidad (parcela chica)

v_a = Velocidad de transmisión (parcela grande)

ε = Error experimental

Para el análisis de los datos se utilizaron los softwares Microsoft Excel, Minitab 17 y R. Para lo anterior se estableció la base de datos que se aprecia en el Anexo (D) en donde primero se realizó la prueba de normalidad de datos para validar el uso del diseño estadístico.

3.3.4 Tiempo efectivo de operación

Es el tiempo necesario para terminar el trabajo que se realiza con el equipo, sin tomar en cuenta el tiempo para dar vueltas en las caberas ni el tiempo de suspensión por fallas. Esta prueba se realizó en 20 x 1 m, donde con un cronometro se midió el tiempo de recorrido en operación del equipo de extremo a extremo con sus diferentes gamas de velocidad (alta, media, baja) y su velocidad de transmisión (primera, segunda) respectivamente, para esto se realizaron tres repeticiones por cada gama de velocidad. El modelo estadístico que se uso fue el siguiente:

$$TE_o = \mu + R + G + (RG) + v_a + (Rv_a) + (Gv_a) + (RGv_a) + \varepsilon$$

Donde:

TE_o = Tiempo efectivo de operación (min)

μ = Media de los datos

R = Repeticiones (bloques)

G = Gama de velocidad (parcela chica)

v_a = Velocidad de transmisión (parcela grande)

ε = Error experimental

Para el análisis de los datos se utilizaron los softwares Microsoft Excel, Minitab 17 y R. Para lo anterior se estableció la base de datos que se aprecia en el Anexo (E) en donde primero se realizó la prueba de normalidad de datos para validar el uso del diseño estadístico.

3.3.5 Altura de corte

Para esta evaluación utilizamos una parcela de 25 m de largo por 1 m de ancho en un área identificada con maleza alta y abundante. Para esto se estiro un lazo en una de las zonas con mayor abundancia de cada repetición y con ayuda de un flexómetro se midió la altura promedio inicial y final de las arvenses, desde la base del tallo hasta el extremo superior de la planta erecta, aquí con el motocultor conectado a la segadora

realizamos tres repeticiones por gama de velocidad (alta, media, baja) y velocidad de transmisión (primer y segunda). el modelo estadístico se describe a continuación

$$AC = \mu + R + G + (RG) + v_a + (Rv_a) + (Gv_a) + (RGv_a) + \varepsilon$$

Donde:

AC = Altura de corte (cm)

μ = Media de los datos

R = Repeticiones (bloques)

G = Gama de velocidad (parcela chica)

v_a = Velocidad de transmisión (parcela grande)

ε = Error experimental

Para el análisis de los datos se utilizaron los softwares Microsoft Excel, Minitab 17 y R. Para lo anterior se estableció la base de datos que se aprecia en el Anexo (F) en donde primero se realizó la prueba de normalidad de datos para validar el uso del diseño estadístico.

3.3.6 Rendimiento teórico

Es la superficie trabajada por unida de tiempo (hectáreas por hora) se obtiene por el ancho de trabajo indicado por el fabricante y la velocidad recomendada.

$$R_t = 0.1(B_f * V_{mt})$$

Donde:

R_t = Rendimiento teórico, ha/h

B_f =Ancho teórico, m

V_{mt} = Velocidad promedio de trabajo recomendada por el fabricante, km/h

0.1: Factor de conversión de dimensiones

3.3.7 Rendimiento efectivo

También se conoce como cantidad de trabajo en campo, se expresa en hectáreas por hora se obtiene con la superficie real de trabajo entre el tiempo efectivo de trabajo.

$$R_e = \frac{S_r}{t_e * 10^4}$$

Donde:

R_e = Rendimiento efectivo, ha/h

T_e = Tiempo efectivo de trabajo, h

S_r = Superficie real de trabajo, m²

$1 * 10^4$ = Conversión de m² a ha

3.4 Evaluación 2

El objetivo de esta prueba es comprobar que la desbrozadora es una alternativa para el control de arvenses, evaluando su funcionamiento y facilidad de trabajo.

3.4.1 Desbrozadora

Se realizaron diversas pruebas para evaluar la desbrozadora como una alternativa para el control de arvense y determinar el rendimiento efectivo de trabajo, con base en la norma mexicana NMX-O-226-SCFI-2015 maquinaria agrícola y forestal – ensayos para desbrozadoras portátiles, manuales y motorizadas- maquinas equipadas con motor de combustión interna.

3.4.2 Ficha descriptiva

Desbrozadora marca STIHL, modelo FS 55 R, con un motor a gasolina con capacidad de 0.33 litros, un peso de 4.4 kg implementada con un cabezal de corte con hilo, como la que se muestra en la figura 3.4



Figura 3.4 Desbrozadora marca STIHL (autor: distribuidor STIHL).

3.4.3 Consumo de combustible en ralentí

La evaluación consistió en llenar el tanque de combustible y mantener en ralentí (encendido del equipo, pero sin velocidad) la desbrozadora durante un intervalo de tiempo de 10 min, donde transcurrido el tiempo, se medía la cantidad de combustible consumido por la desbrozadora. Para esta prueba se realizaron tres repeticiones con el mismo procedimiento para cada una.

3.4.4 Consumo de combustible en operación

Para la evaluación de esta máquina se realizaron nueve repeticiones de corte de maleza en áreas de 20 m²; en donde tres personas de diferentes edades y géneros trabajaron con el equipo para medir el tiempo utilizado en realizar la labor de eliminar las arvenses de esa superficie y registrar el consumo de combustible por el trabajo realizado.

3.4.5 Tiempo efectivo de operación

Es el tiempo necesario para terminar el trabajo que se realiza con el equipo, sin tomar en cuenta el tiempo para dar vueltas en las caberas ni el tiempo de suspensión por fallas. Se realizó en un área de 20 m² donde tres personas realizaron tres repeticiones por área y se midió con un cronometro el tiempo que tardaban en dejar libre de arvenses la zona destinada.

3.4.6 Rendimiento teórico

Es la superficie trabajada por unida de tiempo (hectáreas por hora) se obtiene por el ancho de trabajo indicado por el fabricante y la velocidad recomendada.

$$R_t = 0.1(B_f * V_{mt})$$

Donde:

R_t = Rendimiento teórico, ha/h

B_f = Ancho teórico, m

V_{mt} = Velocidad promedio de trabajo recomendada por el fabricante, km/h

0.1: Factor de conversión de dimensiones

3.4.7 Rendimiento efectivo

También se conoce como cantidad de trabajo en campo, se expresa en hectáreas por hora se obtiene con la superficie real de trabajo entre el tiempo efectivo de trabajo.

$$R_e = \frac{S_r}{t_e * 10^4}$$

Donde:

R_e = Rendimiento efectivo, ha/h

T_e = Tiempo efectivo de trabajo, h

S_r = Superficie real de trabajo, m²

$1 * 10^4$ = Conversión de m² a

3.5 Evaluación 3

El objetivo de la prueba fue evaluar cinco productos químicos de marcas comerciales para evaluar la eficiencia en el control de los arvenses representativos del trópico húmedo (zona centro del estado de Veracruz).

3.5.1 Ficha técnica de la bomba

Bomba manual de fumigación marca Jacto modelo PHJ con doble pistón que alcanza 100 psi (6,8 bar) con un depósito de 20 litros de capacidad como la que se muestra en la figura 3.5



Figura 3.5 Bomba manual de fumigación (autor: distribuidor Jacto).

3.5.2 Descripción de las boquillas

Se evaluaron cuatro boquillas de abanico (figura 3.6) con nomenclatura 8001, 8002, 8003, 8004. Donde el significado de los dos primeros números es el ángulo de la boquilla y los últimos dos el volumen de flujo en galones por minuto.



Figura 3.6 Boquilla de abanico.

(en línea <https://www.tipsytemasagronicos.com/que-boquillas-utilizar-para-las/>)

3.5.3 Evaluación de Herbicidas

En esta evaluación se evaluó la eficiencia de cinco diferentes herbicidas de marcas comerciales libres de glifosato (cuadro 3.2), los cuales se aplicaron en una superficie que presentara la existencia de arvenses y que además tuviese la combinación de hojas angostas y anchas que representaran el tipo de arvenses de la zona centro de Veracruz y de un área productiva en maíz.

Cuadro 3.1 Descripción de tratamientos y para la aplicación de herbicidas

Tratamientos	Producto comercial
0	Testigo glifosato (no se aplicó el testigo, dado que ya no puede utilizarse por decreto)
1	Paraquat 1 (200g. de i.a./L)
2	Paraquat 2 (200g. de i.a./L)
3	Paraquat + diuron (200 + 100g. de i.a./L)
4	Glufosinato de amonio 1 (200g. de i.a./L)
5	Glufosinato de amonio 2 (150g. de i.a./L)

Para la aplicación en campo se utilizó un área de 10 m², utilizando una bomba manual para fumigar el herbicida con boquilla de apertura tipo 8002 en su dosis alta y baja recomendadas por el fabricante (figura 3.7). Para ello, se realizaron los cálculos de las dosis a utilizar en una capacidad de 200 litros por hectárea una, para posteriormente

aplicar de manera aleatorizada en cada una de las parcelas. Otra actividad fue mantener un monitoreo constante durante 7 días del espectro de respuesta del efecto o eficiencia del producto químico, dado que este periodo es el que de manera cultural usan los productores específicamente para maíz.



Figura 3.7 Aplicación de herbicidas con bomba manual.

3.5.4 Dosis de herbicidas

Cuadro 3. 2 Dosis mínimas y máximas de herbicidas aplicados en campo

No	Producto comercial	Dosis mínima recomendada (200 L agua)	Dosis mínima aplicada (1.5 L agua)	Dosis máxima recomendada (200 L agua)	Dosis máxima aplicada (1.5 L agua)
1	Paraquat 1	1.5 L	11.25 ml	2 L	15 ml
2	Paraquat 2	1.5 L	11.25 ml	3 L	22.5 ml
3	Paraquat + diuron	1.5 L	11.25 ml	3 L	22.5 ml
4	Glufosinato de amonio 1	1.125 L	8.5 ml	1.5 L	11.25 ml
5	Glufosinato de amonio 2	1 L	7.5 ml	3L	22.5 ml

En el cuadro 3.3 se muestran las dosis mínimas y máximas recomendadas por el proveedor, así mismo, las dosis mínimas y máximas calculadas y aplicadas para la evaluación de herbicidas bajo condiciones en campo.

3.5.5 Evaluación de boquillas con bomba mecánica para fumigar

Se evaluaron 4 diferentes boquillas con la finalidad de seleccionar un gasto promedio de 200 litros por hectárea, para esto, se agregó 1 litro de agua en una bomba manual de aspersión con capacidad de 20 litros con cada una de las boquillas. La superficie de prueba para medir el gasto de agua fue en un área de 10 m² y la velocidad de calibración fue determinada por el paso de avance del aplicador.

Para determinar el gasto del líquido se utilizaron las siguientes formulas:

$$Q = \frac{V}{t}, \quad Q = \frac{A}{v}, \quad v = \frac{d}{t}$$

Donde:

Q= Gasto en m³/s o m²

t = tiempo en s

V= volumen en m³

d= distancia en m

v= velocidad en m/s

3.5.6 Determinación del porcentaje de eficiencia del control de arvenses.

Para la determinación del porcentaje de eficiencia del control de arvenses se inició con la toma de imágenes fotográficas en cada una de las parcelas (10 m^2) todos los días durante un periodo de siete días (tiempo requerido para su efecto máximo de control). Se tomó una fotografía por cada uno de los cinco diferentes tratamientos y cada una de las dos dosis (baja y alta).

Posteriormente, a los 13 días después de la aplicación se evaluó la eficiencia máxima del control de arvenses a través del análisis de imágenes, para ello se realizó la toma de seis fotografías correspondientes a seis repeticiones por cada uno de los cinco diferentes tratamientos y cada una de las dosis (baja y alta), para un total de 60 fotografías; para esta actividad se utilizó una base o cuadro de un metro cuadrado dividido en ocho partes iguales por evaluar en la computadora de manera visual cada una de las fotografías. La imagen quedó seccionada en ocho espacios, donde el máximo valor de eficiencia sería de 12.5%, a partir de esta consideración, se evaluó cada área para después sumar y promediar los porcentajes y determinar la eficiencia.

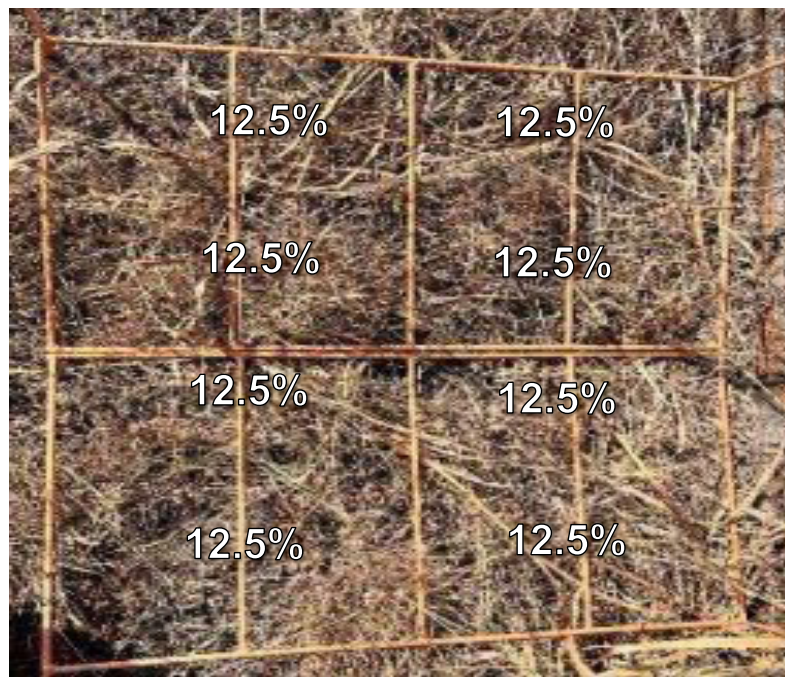


Figura 3.8 Ejemplo de imagen para determinación de eficiencia de herbicidas.

Posteriormente, los resultados obtenidos de la evaluación fueron comparados con la escala utilizada por la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM,1974) y así poder determinar el porcentaje de control de acuerdo con el índice de eficiencia (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.3 Grado de control de malezas según ALAM

Índice	% de control
0 - 40	Ninguno o pobre
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bueno
81 - 90	Muy bueno
90 - 100	Excelente

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de la evaluación Motocultor

Previo a la integración del efecto del control de arvenses de forma mecánica se evaluaron los desempeños de los equipos de forma individualizada en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1.1 Evaluación de velocidad en motocultor Parazzini

Las velocidades de trabajo en base a la prueba Ryan-Joiner que es similar a Shapiro-Wilk presentan normalidad de datos con un $p\text{-valor} = 0.075$, lo que permite el manejo sin necesidad de transformación de datos.

En el cuadro (4.1.1) se aprecian las medias de los datos que el $p\text{-valor} = 0.00$ representa alta significancia lo que indica las gamas de velocidad (alta, media y baja) y la velocidad de transmisión (primera y segunda) si tienen efectos en la velocidad de trabajo, apreciando que en las interacciones también influyen, entre más alta sea la gama y la velocidad de avance más velocidad de trabajo proporcionará.

Cuadro 4.1.1 Resultados de las velocidades de trabajo			
Gama de velocidad	Velocidad (kmh ⁻¹)		
Alta	Velocidad de transmisión	Media	Error
	V1	1.4794±0.007	0.00408
	V2	2.7982±0.025	0.0145
Media	V1	1.327±0.020	0.0117
	V2	2.5594±0.021	0.0121
Baja	V1	1.0778±0.006	0.00374
	V2	2.0779±0.056	0.0324
	p-valor		
Bloque	0.90		
Gama de velocidad	0.00		
Velocidad de avance	0.00		
Interacción	0.00		

En la figura (4.1) se observa las gráficas del agrupamiento de las gamas y velocidad de avance, entre mayor gama y velocidad de avance mayor velocidad de trabajo se representa en el equipo.

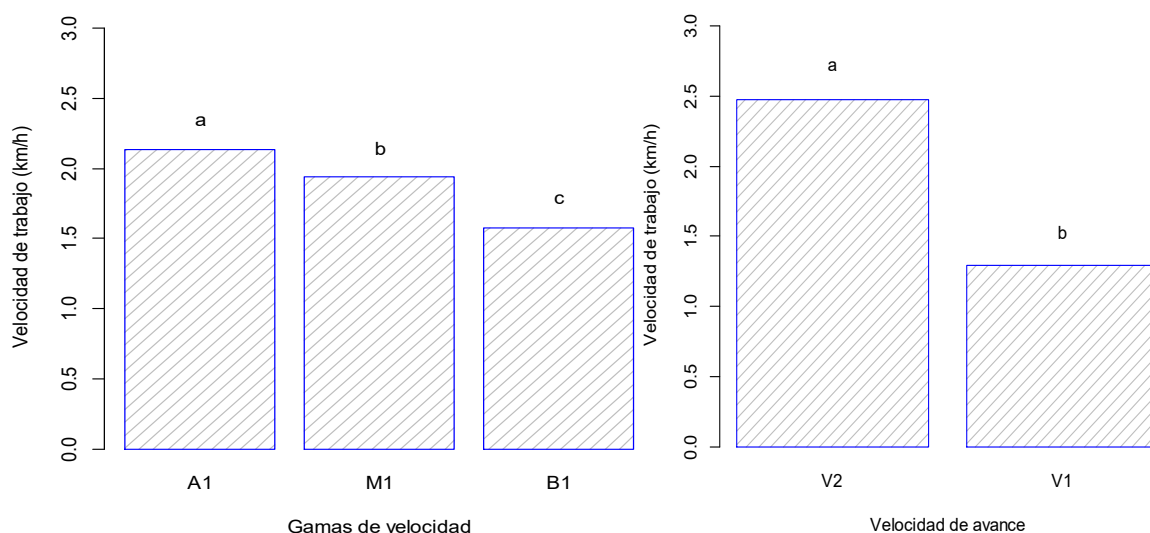


Figura 4.1 comparación de medias

Los resultados de las evaluaciones de reversa se presentan en el cuadro (4.1.2), se aprecian las medias de los datos y su p-valor=0.00 indica que, si afectan la gama de velocidad y la velocidad de transmisión a la velocidad de retroceso, ya que a mayor gama de velocidad (alta) y velocidad de transmisión (segunda) será mayor la velocidad de retrocesos.

Cuadro 4.1.2 Resultados de reversa

Gama de velocidad		Variable Velocidad (km/h)		
	Velocidad de transmisión	Media	Error	
Alta	V1	1.2483±0.030	0.0177	
	V2	2.2412±0.090	0.0523	
Baja	V1	0.8135±0.026	0.0150	
	V2	1.5729±0.036	0.0208	
	p-valor			
Gama de velocidad	0.00			
Velocidad de reversa	0.00			
Interacción	0.01			
Bloque	0.78			

4.1.2 Evaluación del consumo de combustible en motocultor Parazzini

En el cuadro (4.1.3) se aprecian las medias con respecto a cada una de las gamas de velocidad además de su p-valor igual a 0.00 que representa una alta significancia entre cada una de ellas por lo que si afecta el tiempo de consumo de combustible donde afirma que a mayor velocidad menor será el tiempo de consumo.

Cuadro 4.1.3 Resultados de consumo de combustible en ralentí

Gama de velocidad		Tiempo de consumo de combustible (min)	
		Media	Error
	Alta	17.439±0.058	0.303
	Media	24.283±1.200	0.693
	Baja	48.642±0.525	0.0338
		p-valor	
Gama de velocidad		0.00	
Bloque		0.86	

En el cuadro (4.1.4) se aprecian los valores de media con respecto a los datos además se observan sus p-valor=0.00 respectivamente que indica una alta significancia lo que afirma que tanto las gamas de velocidad (alta, media y baja), como la velocidad de transmisión (primera y segunda) si afectan en el consumo de combustible, ya que a mayor gama de velocidad y transmisión menor será el consumo de combustible

Cuadro 4.1.4 Resultados de consumo de combustible en operación

Gama de velocidad		Consumo de combustible en operación (ml)	
	Velocidad de transmisión	Media	Error
Alta	V1	40.00±1.00	0.577
	V2	33.00±1.00	0.577
Media	V1	92.00±1.00	0.577
	V2	50.00±1.00	0.577
Baja	V1	100.00±1.00	0.577
	V2	63.00±1.00	0.577
	p-valor		
Gama de velocidad	0.00		
Velocidad de transmisión	0.00		
Interacción	0.00		
Bloque	0.023		

4.1.3 Tiempo efectivo de operación

En el cuadro (4.1.5) se aprecian la media con respecto a los datos donde a partir de su p-valor=0.00, indica que tanto la gama de velocidad como la velocidad de transmisión afectan el tiempo de operación del equipo, puesto que a mayor gama de velocidad y una segunda velocidad de transmisión (V2) menor será el tiempo de operación en otras palabras menor tiempo en completar una labor.

Cuadro 4.1.5 Resultados de tiempo de operación

Gama de velocidad		Tiempo de operación (min)	
	Velocidad de transmisión	Media	Error
Alta	V1	90.33±0.010	0.005
	V2	47.67±0.907	0.524
Media	V1	96.66±0.066	0.038
	V2	65.86±0.902	0.521
Baja	V1	104.67±0.254	0.147
	V2	76.67±0.137	0.078
	p-valor		
Gama de velocidad	0.00		
Velocidad de transmisión	0.00		
Interacción	0.00		
Bloque	0.235		

4.1.4 Evaluación de la altura de corte con el motocultor Parazzini

En las figuras (4.2), se observa la comparación de las áreas de trabajo figura (4.2 a) antes de realizar labores y figuras (4.2 b) después de la labor de corte de arvenses con el motocultor, el equipo deja una cobertura en el suelo después del corte por lo que es necesario removerlas de forma manual.



Figura 4.2 Control de arvenses a) antes de labor y b) después de labor con motocultor en segunda velocidad de transmisión.

En el cuadro (4.1.6) se observa la media de los datos, además se aprecia el p-valor de los datos es mayor a 0.05 por lo que la gama de velocidad y la velocidad de transmisión no afectan la altura de corte.

Cuadro 4.1.6 Resultados de altura de corte con segadora acoplada a motocultor			
Gama de velocidad		Altura de corte (cm)	
	Velocidad de transmisión	Media	Error
Alta	V1	4.00±1.00	0.577
	V2	3.67±2.08	1.20
Media	V1	4.33±1.58	0.882
	V2	3.67±2.08	1.20
Baja	V1	4.33±0.577	0.333
	V2	4.66±1.52	0.882
	p-valor		
Gama de velocidad	0.669		
Velocidad de transmisión	0.727		
Interacción	0.802		
Bloque	0.070		

4.1.5 Rendimiento motocultor

En el cuadro (4.1.7), se observa los valores del rendimiento teórico de trabajo proyectado a partir del cálculo de la velocidad promedio del motocultor en un área determinada de prueba. Obteniendo el mejor rendimiento teórico de 0.2714 hectárea realizada en una hora, con la segunda velocidad de transmisión en alta. Podemos discutir que a mayor velocidad mayor rendimiento teórico.

Confirmando en el mismo cuadro (4.7) los valores del rendimiento efectivo de trabajo proyectado a partir del cálculo del tiempo de trabajo del motocultor en un área determinada de prueba. Obteniendo el mejor rendimiento efectivo de 0.2798 hectárea realizada en una hora, con la segunda velocidad de transmisión en alta. Por lo anterior se analiza que a mayor velocidad mayor rendimiento efectivo.

Cuadro 4.1.7 Valores de rendimiento del motocultor

Velocidad de trabajo	Velocidad de transmisión	Rendimiento teórico (ha/h)	Rendimiento efectivo (ha/h)
Baja	Primera velocidad	0.1046	0.1078
	Segunda velocidad	0.2016	0.2077
Media	Primera velocidad	0.1287	0.1327
	Segunda velocidad	0.2483	0.2559
Alta	Primera velocidad	0.1435	0.1479
	Segunda velocidad	0.2714	0.2798

4.2 Resultados de la evaluación 2. Desbrozadora

En el cuadro (4.2.1) se observa que el adulto mayor tuvo un mejor resultado en cuanto al manejo del equipo ya que sus valores en el tiempo y consumo de combustible en operación fueron los más bajos con respecto a las otras dos personas, además que obtuvo un mejor rendimiento de trabajo.

Cuadro 4.2. 1 Resultados de parámetros evaluados en desbrozadora

Tratamiento	Rendimiento efectivo de trabajo (ha/h)	Rendimiento efectivo de trabajo proyectado (h/ha)
Hombre adulto mayor	0.0567	17.65
Hombre joven	0.0306	34.25
Mujer joven	0.0292	32.65

4.2.1 Comparación de área sin trabajar vs trabajada con desbrozadora

En la figura 4.3, se observa la comparación del área antes y después de la labor de corte de arvenses con la desbrozadora, este equipo troza las arvenses en pedazos pequeños y no deja una cobertura vegetal tan densa en el área trabajada.



Figura 4.3 Control de arvenses a) antes de labor y b) después de labor con desbrozadora.

4.3 Resultados de la evaluación 3. Herbicidas

4.3.1 Evaluación de boquillas en bomba de fumigar

En el cuadro 4.3.1, se puede observar la diferencia en el gasto en litros por hectárea de cada boquilla, siendo la 8003 la de mayor gasto y la 8002 la de menor gasto, respectivamente. Posteriormente después de la calibración, la boquilla seleccionada para la evaluación fue la 8002, ya que esta fue la que más se aproximó a los 200 litros que de manera cultural se aplican como dosis de productos químicos en campo.

Cuadro 4.3.1 Valores de gasto de las diferentes boquillas

Número de boquilla	Cantidad final (L)	Cantidad gastada (L)	Gasto L/ha
8001	0.770	0.230	230
8002	0.785	0.215	215
8003	0.550	0.450	450
8004	0.645	0.355	355

4.3.2 Consumo de herbicida por aplicación

En el cuadro 4.3.2. se observan los datos obtenidos de la dosis baja de aplicada en cada tratamiento, analizando con prueba de t-Student se obtiene que las cantidades son diferentes en promedio de 1.098 ± 0.046 con un error de aplicación del operador de 0.0206 y un porcentaje de eficiencia del aplicador de 76 ± 3.1 . Lo anterior indica que influye el medio de aplicación (velocidad u operador).

Cuadro 4.3.2 Cantidad de herbicida aplicado en la dosis baja en la parcela de prueba

Producto comercial	Áreas con dosis baja	Cantidad inicial (L)	Cantidad final (L)	Consumo (L)
Paraquat 1	T1B	1.5	1.140	0.360
Paraquat 2	T2B	1.5	1.030	0.470
Paraquat + diuron	T3B	1.5	1.140	0.360
Glufosinato de amonio 1	T4B	1.5	1.100	0.400
Glufosinato de amonio 2	T5B	1.5	1.080	0.420

Mientras que en el cuadro 4.3.3. se presentan los valores de las dosis altas de aplicación en los tratamientos. Con el análisis de pruebas de t-Student se aprecia que se tiene un promedio de 1.062 ± 0.1203 con error de aplicación de 0.0538 y coeficiente de eficiencia del aplicador de 71 ± 8 . En este punto se observa que la eficiencia aumenta y también la desviación lo cual da pauta para realizar un estudio del tiempo de trabajo acumulado con respecto a la eficiencia de aplicación.

Cuadro 4.3.3 Cantidad de herbicida aplicado en la dosis alta en la parcela de prueba

Producto comercial	Áreas con dosis alta	Cantidad inicial (L)	Cantidad final (L)	Consumo (L)
Paraquat 1	T1A	1.5	1.100	0.400
Paraquat 2	T2A	1.5	1.050	0.450
Paraquat + diuron	T3A	1.5	1.150	0.350
Glufosinato de amonio 1	T4A	1.5	0.860	0.640
Glufosinato de amonio 2	T5A	1.5	1.150	0.350

Con los datos obtenidos de eficiencia en los tratamientos se analizó cuantitativamente con una ANOVA bloques completamente aleatorizados en donde primeramente la prueba de normalidad Ryan-Joiner que es similar a Shapiro-Wilk arroja una *p-valor* < 0.010 lo cual representa que los datos son normales y se puede realizar análisis cuantitativos.

La prueba cuantitativa ANOVA (Anexo H) con bloques arrojó un *p-valor*=0.095 en tratamientos lo cual demuestra que en las unidades experimentales no tuvo influencia los paquetes de herbicidas para el control de arvenses al 95% mientras que al 90% si tiene influencia estadística, en el cuadro (4.3.4) se observa las medias en cada tratamiento. En los bloques arrojó un *p-valor* = 0.900 lo cual indica que las repeticiones

no tienen influencia en los datos recolectados, además de agrupar los tratamientos en base a su eficiencia, se presentan los métodos de Tukey (Anexo I) y Fisher (Anexo J).

Cuadro 4.3.4 Efectos de tratamientos

Tratamientos	Mean	Tukey	Fisher	Error medio ST
Paraquat 1 en dosis baja	72.75±5.47 A	A	AB	2.23
Paraquat 2 en dosis baja	76.17±4.83 A	A	A	1.97
Pardy (Paraquat + diuron) dosis baja	60.67±8.33 A	A	AB	3.4
Glufosinato de amonio 1 en dosis baja	58.00±21.66 A	A	B	8.84
Glufosinato de amonio 2 en dosis baja	58.83±14.68 A	A	B	5.99
<i>P-Valor</i>				
Tratamientos	0.095			
Bloques	0.900			

A y B: Grupos a los que pertenecen las medias de los tratamientos

En la figura (4.4) se observa el análisis de comparación múltiple de medias por el método de Tukey no presentan diferencia significativa por lo tanto los agrupa en el mismo grupo.

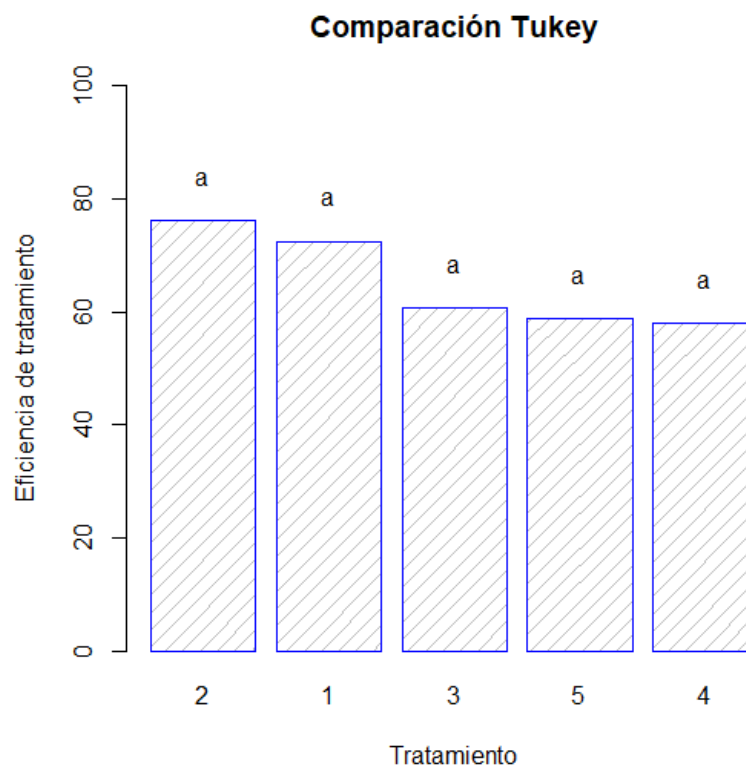


Figura 4.4 Grafica de comparación múltiple de medias método Tukey: 1 (Paraquat 1 en dosis baja), 2 (Paraquat 2 en dosis baja), 3 (Pardy (Paraquat + diuron) dosis baja), 4 (Glufosinato de amonio 1 en dosis baja) y 5 (Glufosinato de amonio 2 en dosis baja)

Por otro lado, en la Figura (4.5) donde se agrupan por diferencia de medias con el método de Fisher, observando que el tratamiento de paquete 1, paquete 2 y Pardy estadísticamente tuvieron la misma eficiencia, sobre saliendo el paquete 2, mientras que Glufosinato 1 y 2 son los que presentan un grupo con menor eficiencia por debajo del 60%. Paquete 1 y Pardy coinciden en desviaciones tienden a llevar igualdad, por lo tanto, el que mejor tuvo respuesta en eficiencia es el paquete 2 al 90%. Observando que se tienen que buscar disminuir la variabilidad de datos en el Glufosinato.

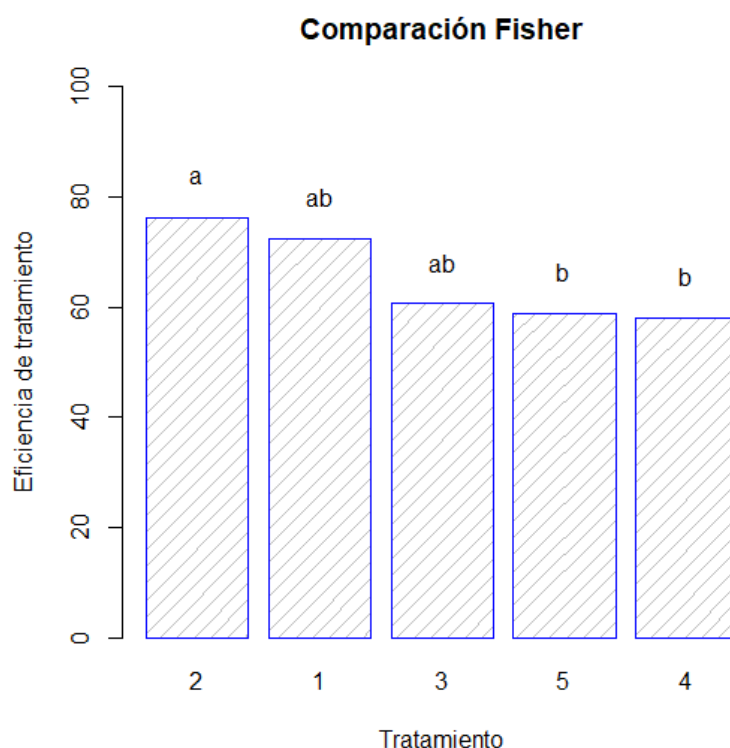


Figura 4. 5 Grafica de comparación múltiple de medias método Fisher: 1 (Paraquat 1 en dosis baja), 2 (Paraquat 2 en dosis baja), 3 (Pardy (Paraquat + diuron) dosis baja), 4 (Glufosinato de amonio 1 en dosis baja) y 5 (Glufosinato de amonio 2 en dosis baja)

Con los resultados obtenidos se presenta un análisis cualitativo en la escala de Alam (1974), el cual se aprecia que para que el porcentaje de control se considere bueno el intervalo en el índice tiene que ser 71 a 80 por lo tanto Paraquat 1 y 2 se consideran buenos en la escala de control de arvenses para aplicaciones en dosis baja.

En el cuadro (4.3.5), observamos que en el porcentaje del control de arvenses los dos herbicidas paraquat 1 y paraquat 2 pueden considerarse como una buena opción en la aplicación de dosis baja.

Comparando los análisis tanto cualitativos como cuantitativos se presentan que el Paraquat 2 es el sobre saliente para control de arvenses en bajas dosis.

Cuadro 4.3.5 Comparación del porcentaje de eficiencias de los productos comerciales en dosis baja.

Herbicida	Porcentaje de eficiencia (%)	índice	% de control de arvenses
Paraquat 1	72.50	71-80	BUENO
Paraquat 2	76.17	71-80	BUENO
Paraquat + diuron	60.67	41-60	REGULAR
Glufosinato de amonio 1	58.00	41-60	REGULAR
Glufosinato de amonio 2	58.53	41-60	REGULAR

4.3.3 Monitoreo de la eficiencia de los herbicidas comerciales en dosis baja

En las figuras 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10, se observan las diferentes etapas de control de los cinco herbicidas comerciales monitoreados en un periodo de 7 días con una aplicación de dosis baja recomendada por el fabricante. El producto “Paraquat 2” presentó cambios notables en las arvenses al siguiente día de la aplicación, mientras que los productos “Paraquat 1” y “Paraquat + diuron” empezaron a presentar cambios después del segundo día, por último, los productos “Glufosinato de amonio 1 y 2” comenzaron a actuar después del cuarto día.



Figura 4. 6 Eficiencia en dosis baja del primer producto comercial “Paraquat 1” monitoreado en un periodo de 7 días.

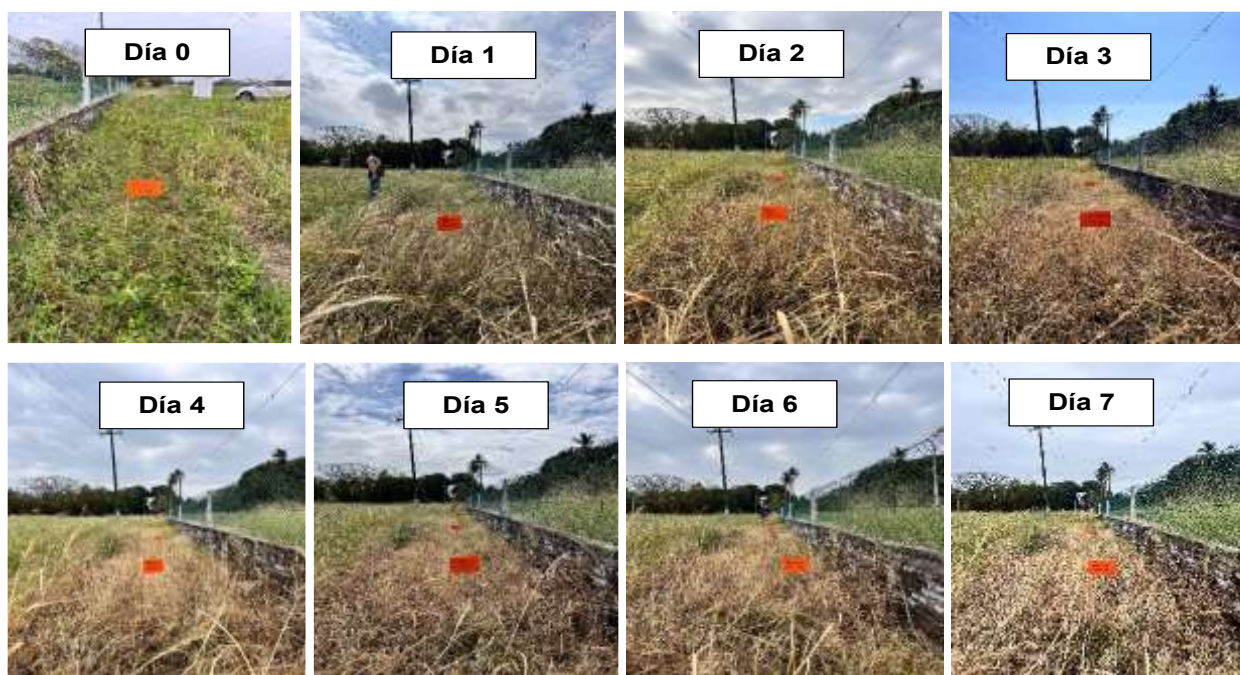


Figura 4.7 Eficiencia en dosis baja del segundo producto comercial “Paraquat 2” monitoreado en un periodo de 7 días.

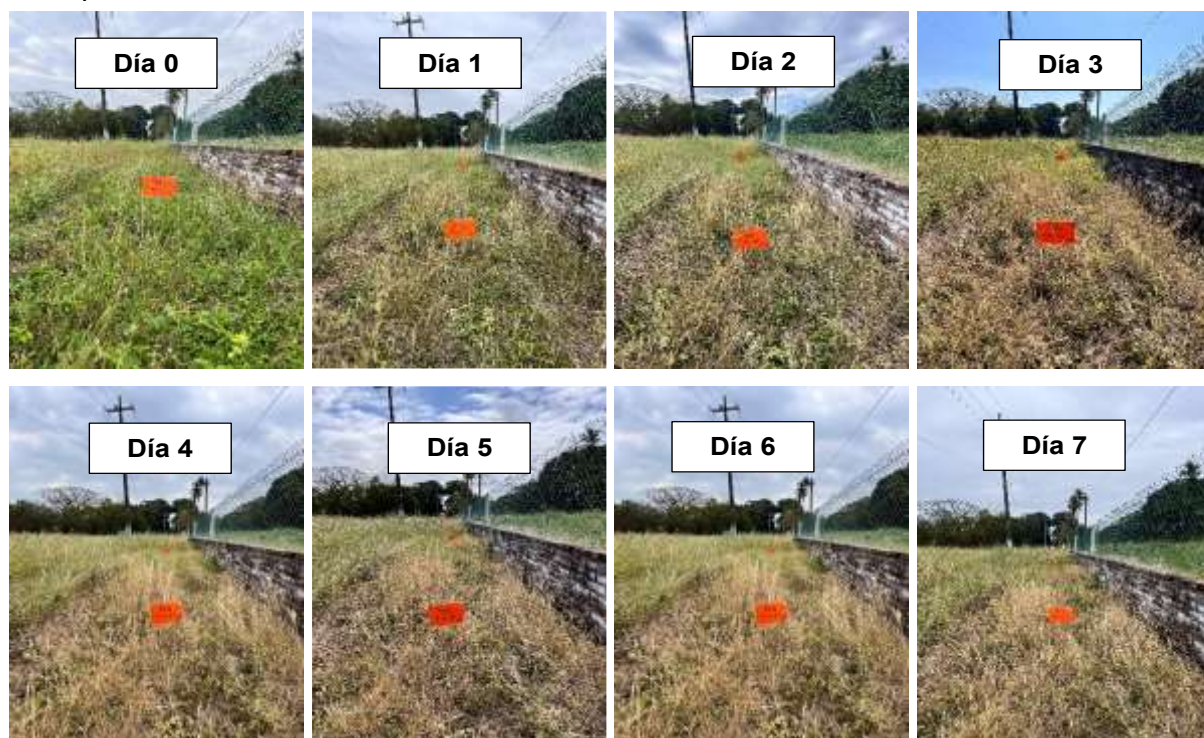


Figura 4.8 Eficiencia en dosis baja del tercer producto comercial “Paraquat + diuron” monitoreado en un periodo de 7 días

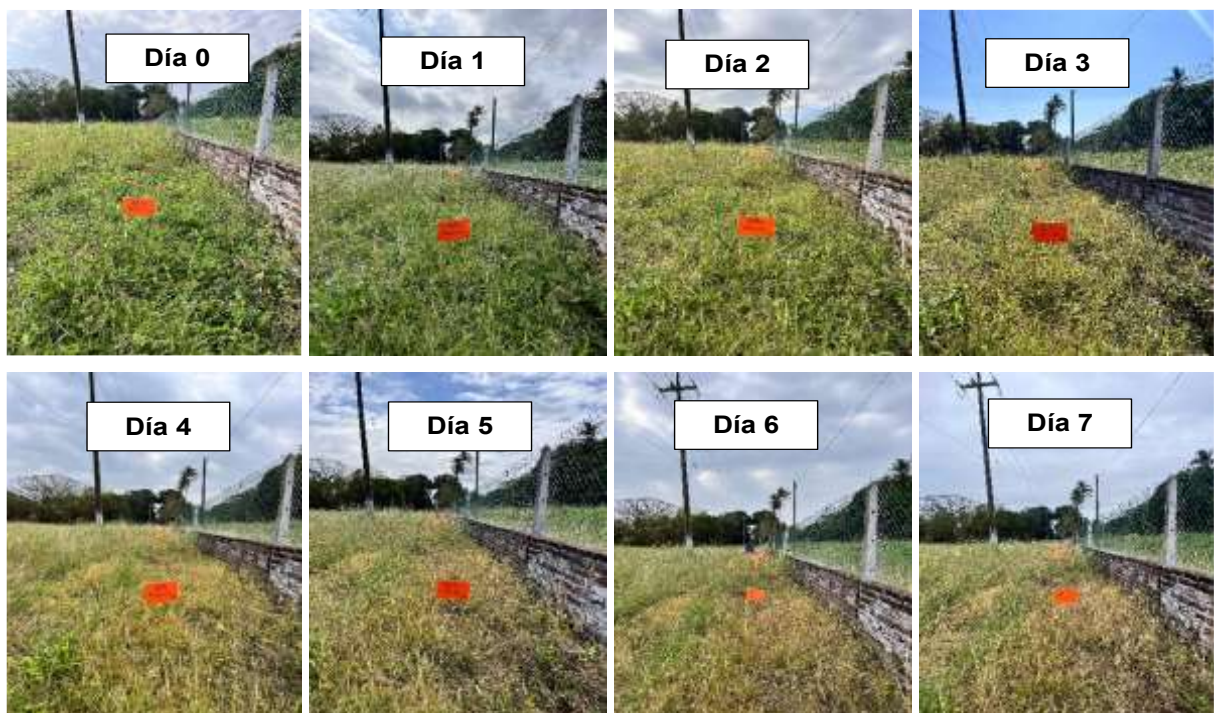


Figura 4.9 Eficiencia en dosis baja del cuarto producto comercial “Glufosinato de amonio 1” monitoreado en un periodo de 7 días.

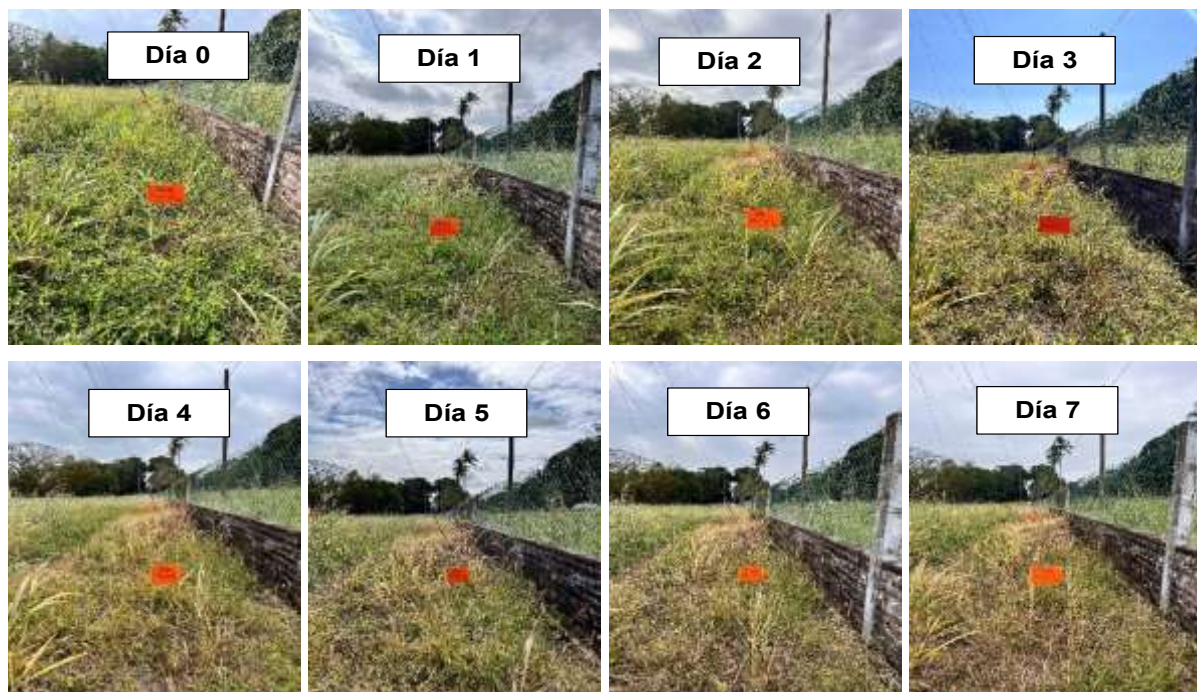


Figura 4.10 Eficiencia en dosis baja del quinto producto comercial “Glufosinato de amonio 2” monitoreado en un periodo de 7 días.

4.3.4 Evaluación visual del porcentaje de eficiencia de los herbicidas comerciales en dosis baja a los 13 DDA

En las figuras 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15 se observa los resultados de las capturas fotograficas realizadas a los 13 DDA en dosis baja, dado que ya los arvenses se encontraban con un control (secos o muertos) uniformizado para cada área.

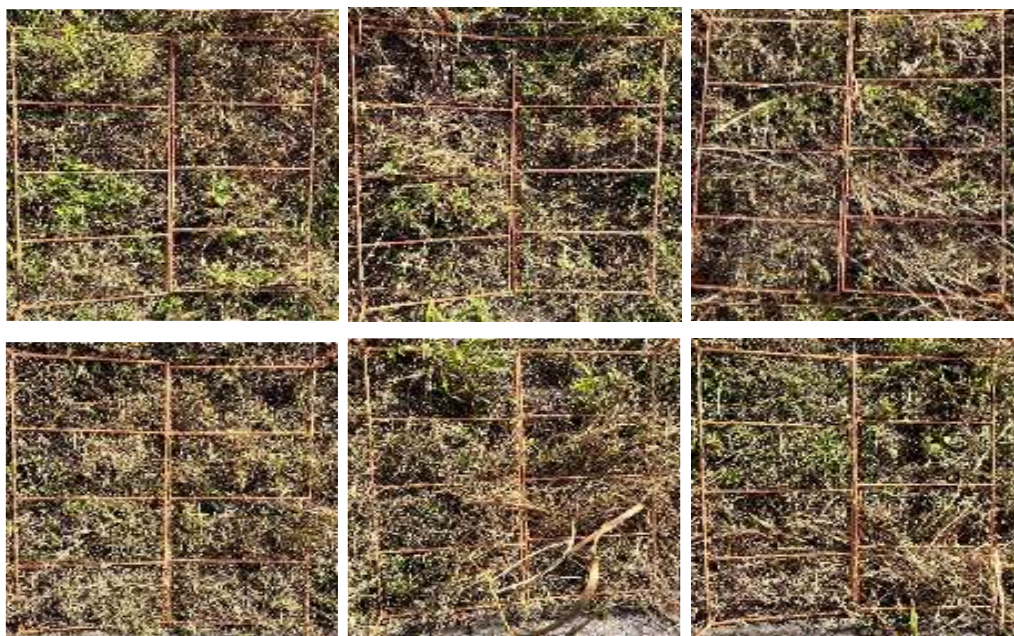


Figura 4.11 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del primer producto comercial “Paraquat 1”.

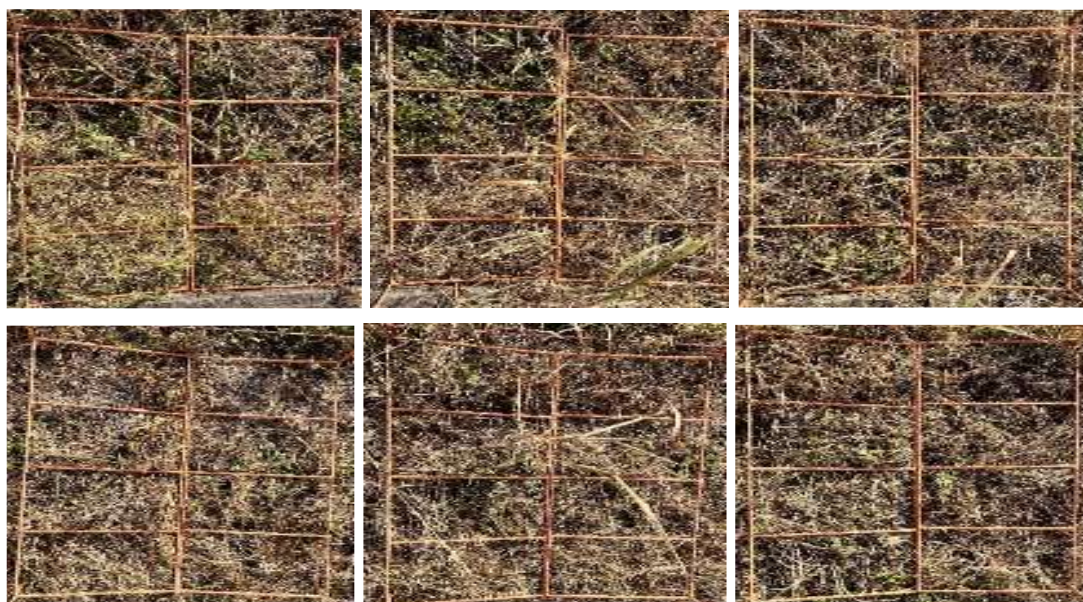


Figura 4.12 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del segundo herbicida comercial “Paraquat 2”.

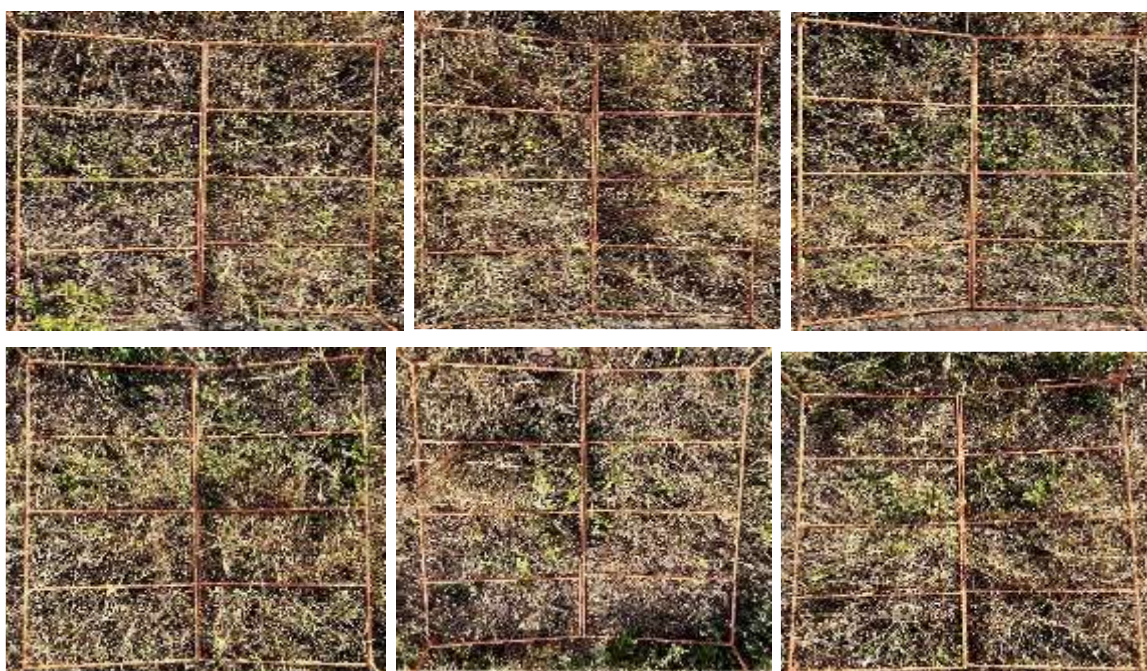


Figura 4.13 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del tercer herbicida comercial “Paraquat + diuron”.

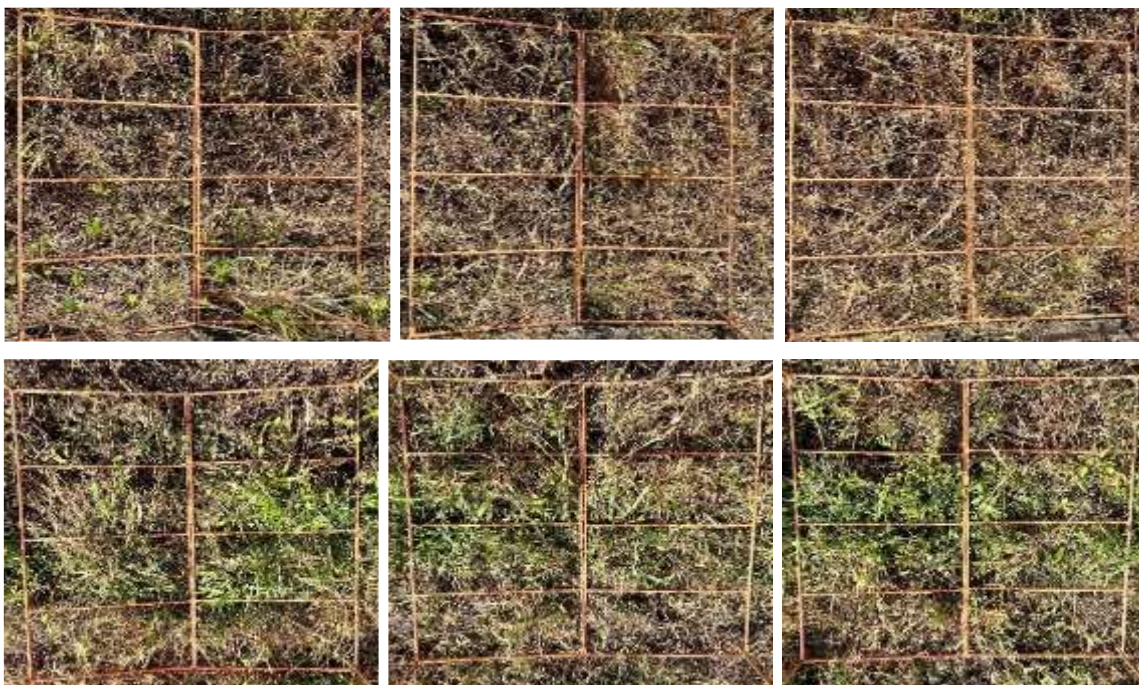


Figura 4.14 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del cuarto herbicida comercial “Glufosinato de amonio 1”.

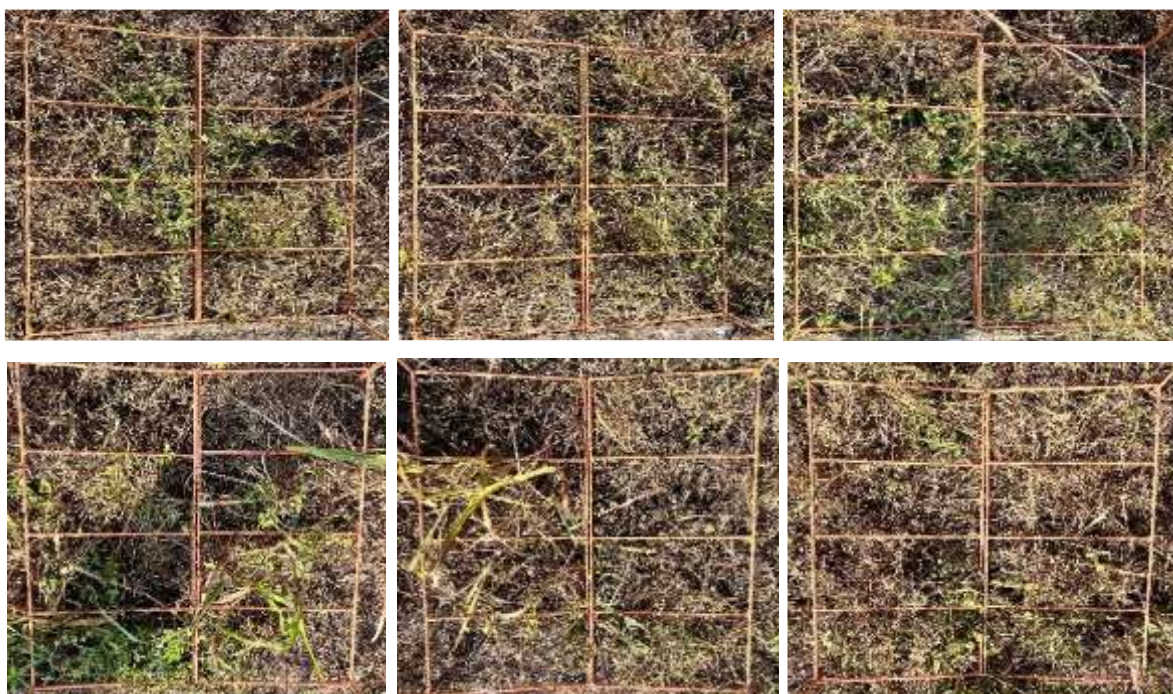


Figura 4.15 Evaluación visual de la eficiencia en dosis baja del quinto herbicida comercial “Glufosinato de amonio 2”.

4.3.5 Monitoreo a los 27 días después de la aplicación en dosis baja para el control de arvenses de los cinco diferentes tratamientos de herbicidas

En la figura 4.16, Se puede apreciar que ya no existe efecto de daño en las arvenses, al contrario, se puede observar que ya empezó el brote de arvenses nuevas, por lo que se asume que los productos aplicados en dosis baja no tienen un control muy duradero.



Figura 4. 16 Monitoreo a los 27 DDA de la eficiencia de los cinco herbicidas comerciales en dosis baja: 1) “Paraquat 1”, 2) “Paraquat 2”, 3) “Paraquat + diuron”, 4) “Glufosinato de amonio 1”, 5) “Glufosinato de amonio 2”.

4.3.6 Evaluación del porcentaje de eficiencia de herbicidas en dosis alta

Para analizar los datos del porcentaje de eficiencia de herbicidas en dosis alta se realizó la prueba de normalidad de Ryan-Joiner que es similar a Shapiro-Wilk arroja una $p\text{-valor} < 0.010$ lo cual representa que los datos son normales y se puede realizar análisis cuantitativos.

Para lo anterior se realizó un ANOVA (Anexo H) bloques completamente aleatorizados en el cuadro (4.3.6) se presentan los resultados obteniendo una $P\text{-Valor} = 0.000$ en tratamientos lo cual indica que en las unidades experimentales si hubo influencia de los tratamientos a altas dosis. Mientras que los bloques presentan un $P\text{-Valor} = 0.822$ lo cual representa que en las repeticiones no existe variabilidad de datos.

Cuadro 4.3.6 Comparación de medias de las dosis altas

Tratamiento	Media	Error medio ST
Paraquat 1 en dosis alta	65.67±13.11 C	5.35
Paraquat 2 dosis alta	93.67±1.96 A	0.803
Paraquat + diuron en dosis alta	74.67±6.41 BC	2.62
Glufosinato de amonio 1 en dosis alta	85.00±6.03 AB	2.46
Glufosinato de amonio 2 dosis alta	92.33±1.51 A	0.615
<i>P-Valor</i>		
Tratamiento	0.000	
Bloque	0.822	

A, B y C: Grupos a los que pertenecen las medias

La Figura (4.17) muestra la gráfica con su agrupación por el método de Tukey en donde se aprecia que el Paraquat 2 y Glufosinato 2 presentan un mejor desempeño en la eficiencia con más del 90%, mientras que el Glufosinato 1 pertenece al mismo grupo con una media de 85% pero considerado igual al Paraquat + diuron pero este último tiende a una baja eficiencia al igual que su compañero el Paraquat 1.

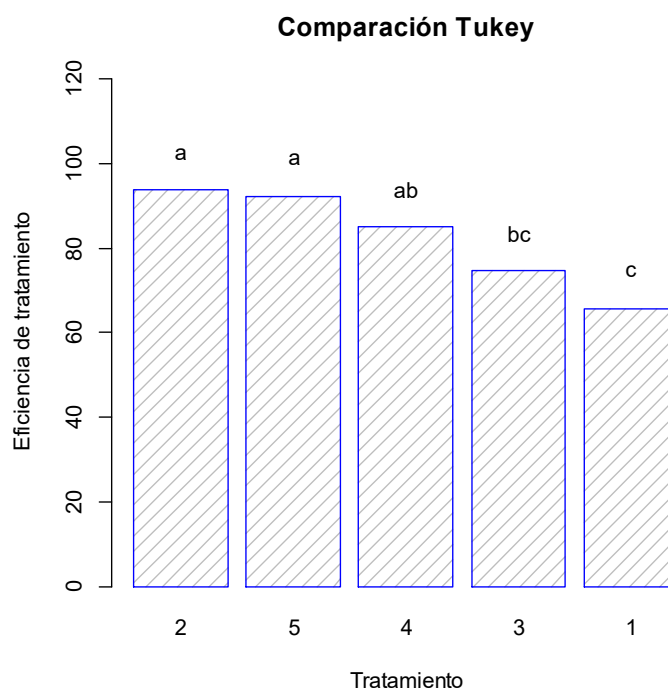


Figura 4.17. Grafica de comparación múltiple de medias método Tukey: 1 (Paraquat 1 en dosis alta), 2 (Paraquat 2 en dosis alta), 3 (Paraquat + diuron dosis alta), 4 (Glufosinato de amonio 1 en dosis alta) y 5 (Glufosinato de amonio 2 en dosis alta)

En el cuadro (4.3.7), observamos que en el porcentaje del control de arvenses los dos herbicidas paraquat 2 y glufosinato de amonio 2 pueden considerarse como la mejor opción en la aplicación de dosis alta y baja. Otra consideración importante es el tiempo de control de los herbicidas, para el caso de los tratamientos T1, T2, T3, T4 presentaron un tiempo de control de 22 días después de la aplicación, siendo el glufosinato de amonio 2 (T5) el único herbicida que logra un tiempo de control de 27 días después de la aplicación.

Cuadro 4.3.7 Comparación del porcentaje de eficiencias de los productos comerciales en dosis alta de acuerdo con la escala de (ALAM,1974).

Herbicida	Porcentaje de eficiencia (%)	índice	% de control de arvenses
Paraquat 1	65.67	61-70	SUFICIENTE
Paraquat 2	93.67	90-100	EXCELENTE
Paraquat + diuron	74.67	71-80	BUENO
Glufosinato de amonio 1	85	81-90	MUY BUENO
Glufosinato de amonio 2	92.33	90-100	EXCELENTE

En el cuadro (4.3.8), se presentan los precios por litro de cada producto, observando que el herbicida de mayor costo es el “Glufosinato de amonio 2” con un precio al mercado de \$160 y el producto de menor precio es “Paraquat 2” con un valor de \$66.36 por cada litro.

Dada las condiciones del precio y los resultados de la evaluación la opción 1: para el control de arvenses es glufosinato de amonio 2 (T5) y la opción 2: paraquat 2 (T2).

Cuadro 4.3.8 Precios de los herbicidas comerciales

Producto comercial	Precio por litro
Paraquat 1	\$102.8*
Paraquat 2	\$66.36*
Paraquat + diuron	\$119.63*
Glufosinato de amonio 1	\$224.53*
Glufosinato de amonio 2	\$160.00*

* Precios de lista del mes de julio del 2024

4.3.7 Monitoreo de la eficiencia los herbicidas comerciales en dosis alta

En las figuras 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 y 4.22, se observan las diferentes etapas de control de los cinco herbicidas comerciales en un periodo de 7 días en su dosis alta recomendada por el fabricante. El producto comercial “Paraquat 2” como se observa en las imágenes presentó cambios notables en el control de las arvenses al siguiente día de la aplicación (día 1), mientras que los productos “Paraquat 1” y “Paraquat + diuron” empezaron a presentar cambios visibles durante el segundo y tercer día respectivamente, por último, los herbicidas Glufosinato de amonio 1 y 2 comenzaron a actuar en el cuarto día.

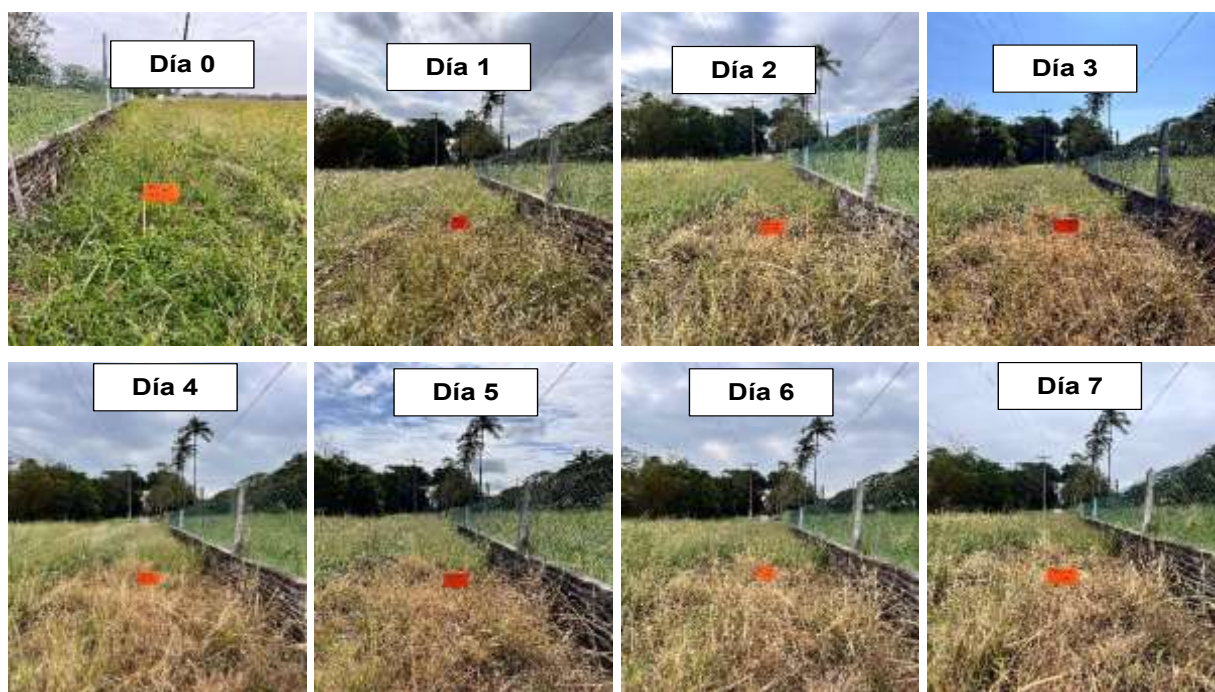


Figura 4.18 Eficiencia en dosis alta del primer producto comercial “Paraquat 1” monitoreado en un periodo de 7 días.

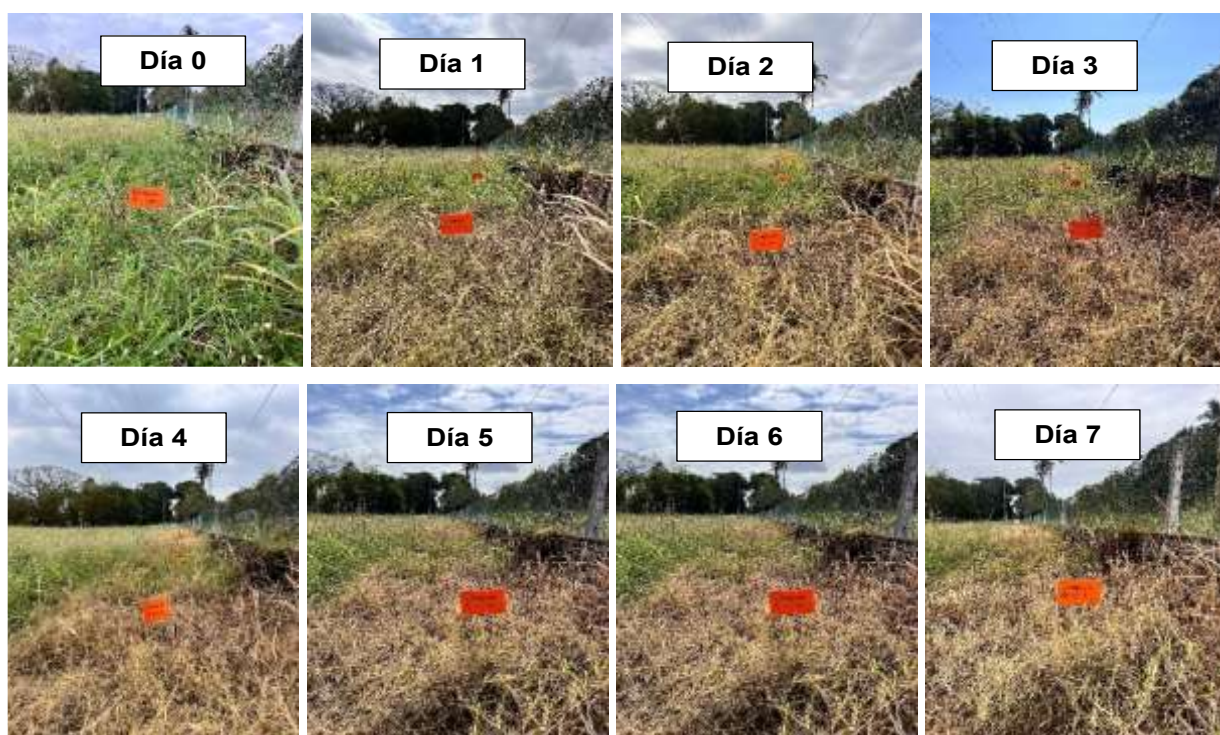


Figura 4.19 Eficiencia en dosis alta del segundo producto comercial “Paraquat 2” monitoreado en un periodo de 7 días.

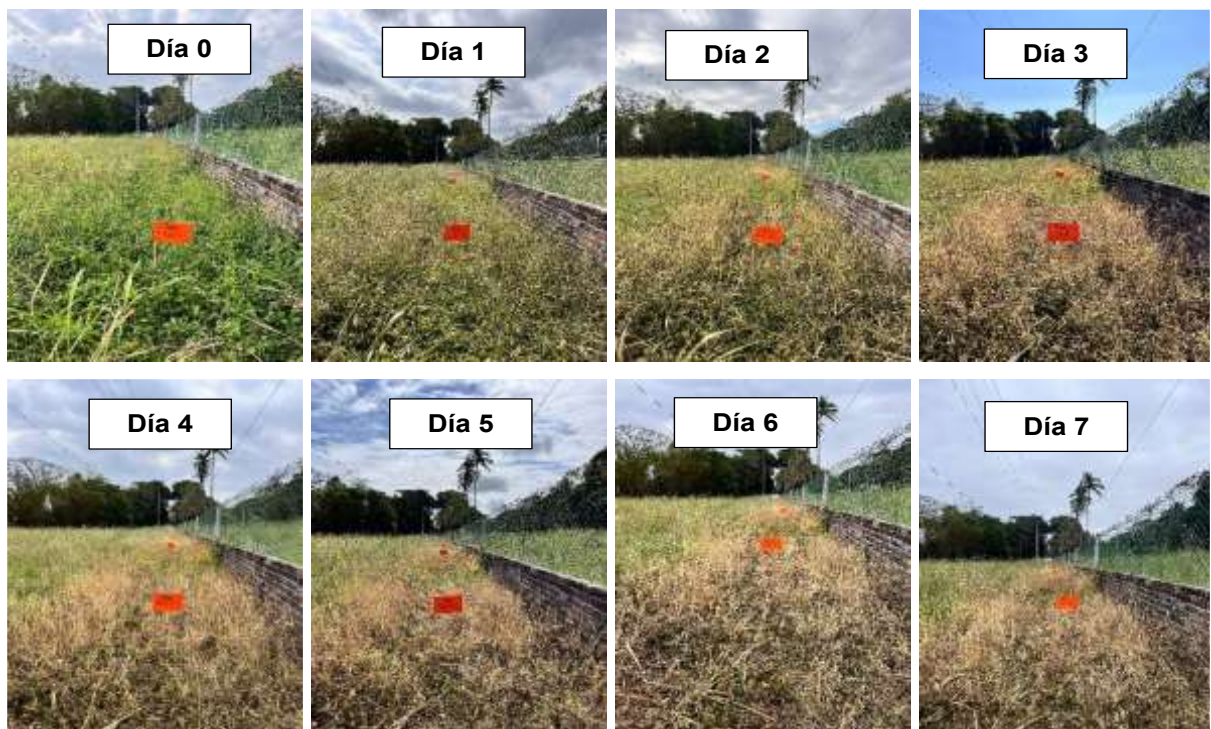


Figura 4.20 Eficiencia en dosis alta del tercer producto comercial “Paraquat + diuron” monitoreado en un periodo de 7 días.

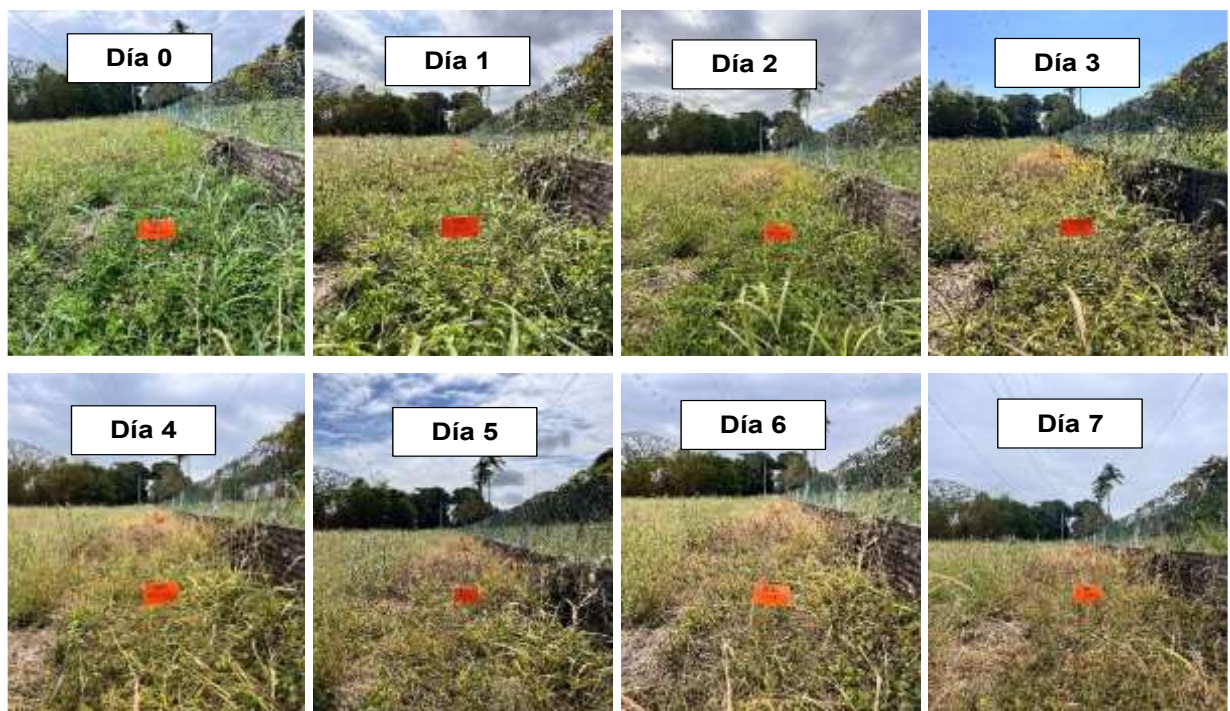


Figura 4.21 Eficiencia en dosis alta del cuarto producto comercial “Glufosinato de amonio” monitoreado en un periodo de 7 días.

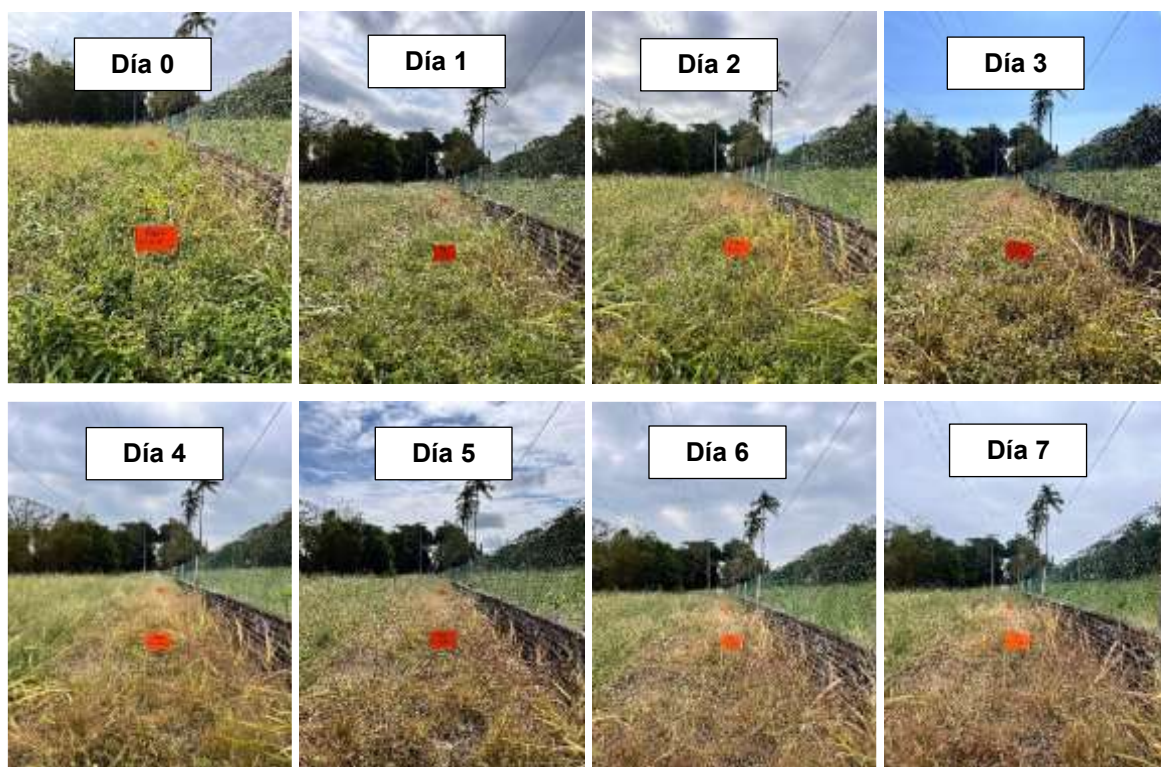


Figura 4.22 Eficiencia en dosis alta del quinto producto comercial “Glufosinato de amonio 2” monitoreado en un periodo de 7 días.

4.3.8 Evaluación visual del porcentaje de eficiencia de los herbicidas comerciales en dosis alta a los 13 DDA

En las figuras 4.23, 4.24, 4.25, 4.26 y 4.27 se observa los resultados de las capturas fotograficas realizadas a los 13 DDA en dosis alta, dado que ya los arvenses se encontraban con un control (secos o muertos) uniformizado para cada área.

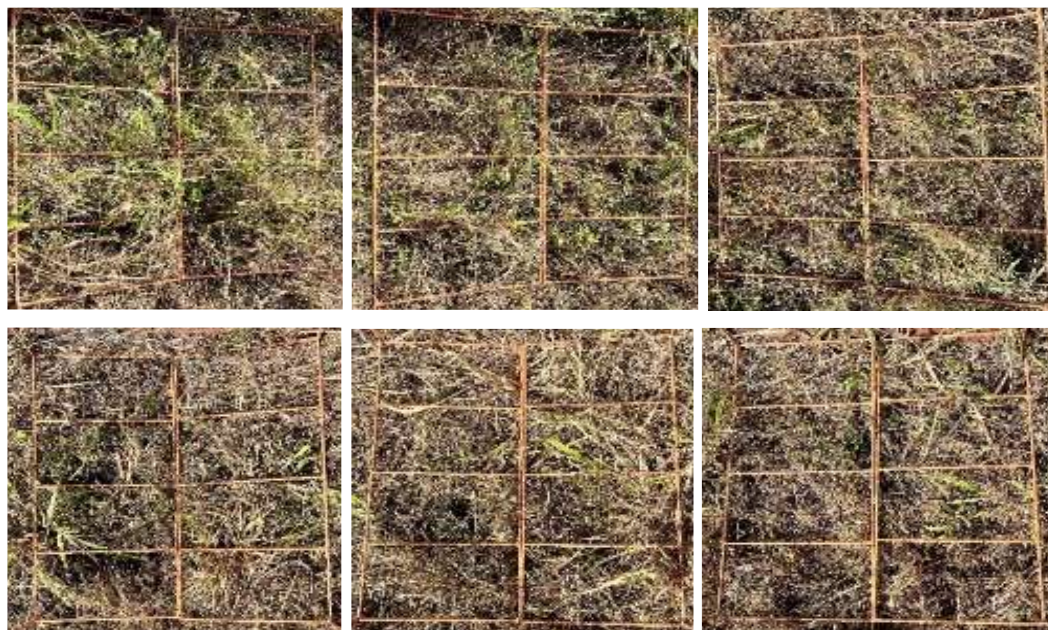


Figura 4.23 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del primer producto comercial “Paraquat 1”.

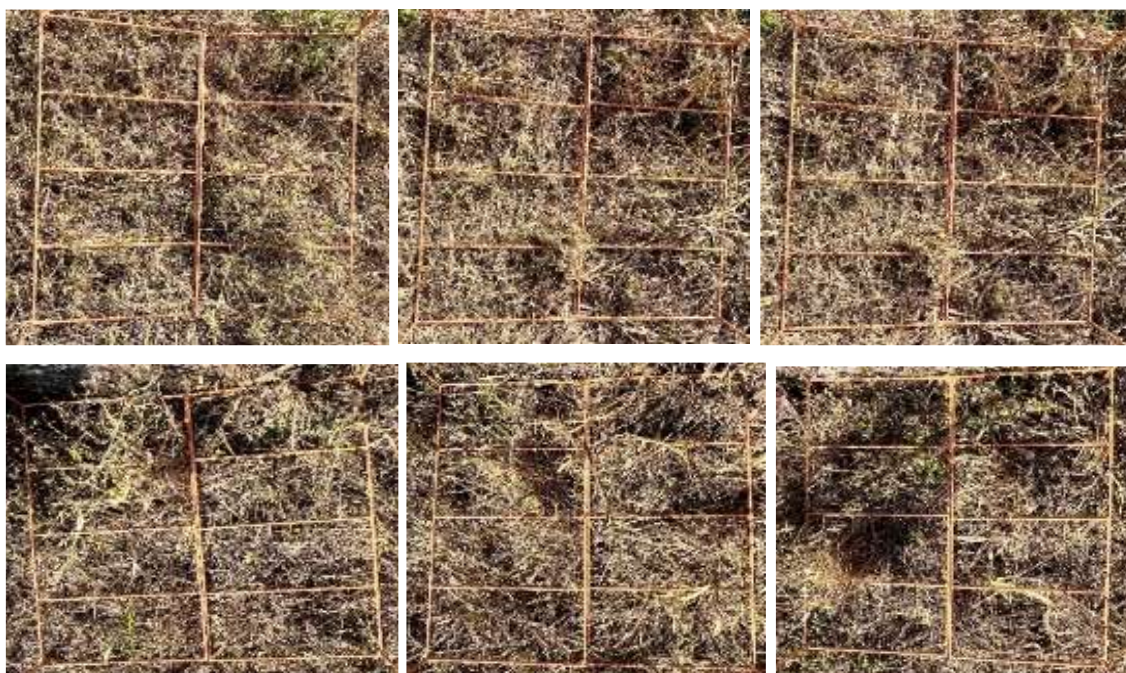


Figura 4.24 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del primer producto comercial “Paraquat 2”.

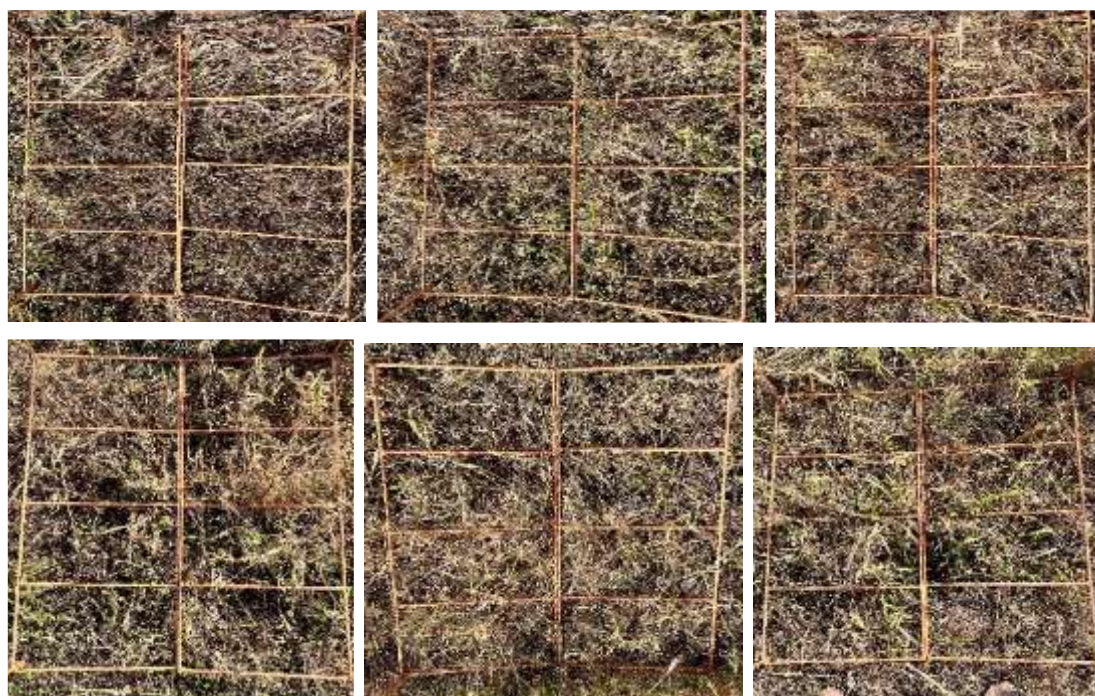


Figura 4.25 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del primer producto comercial “Paraquat + diuron”.

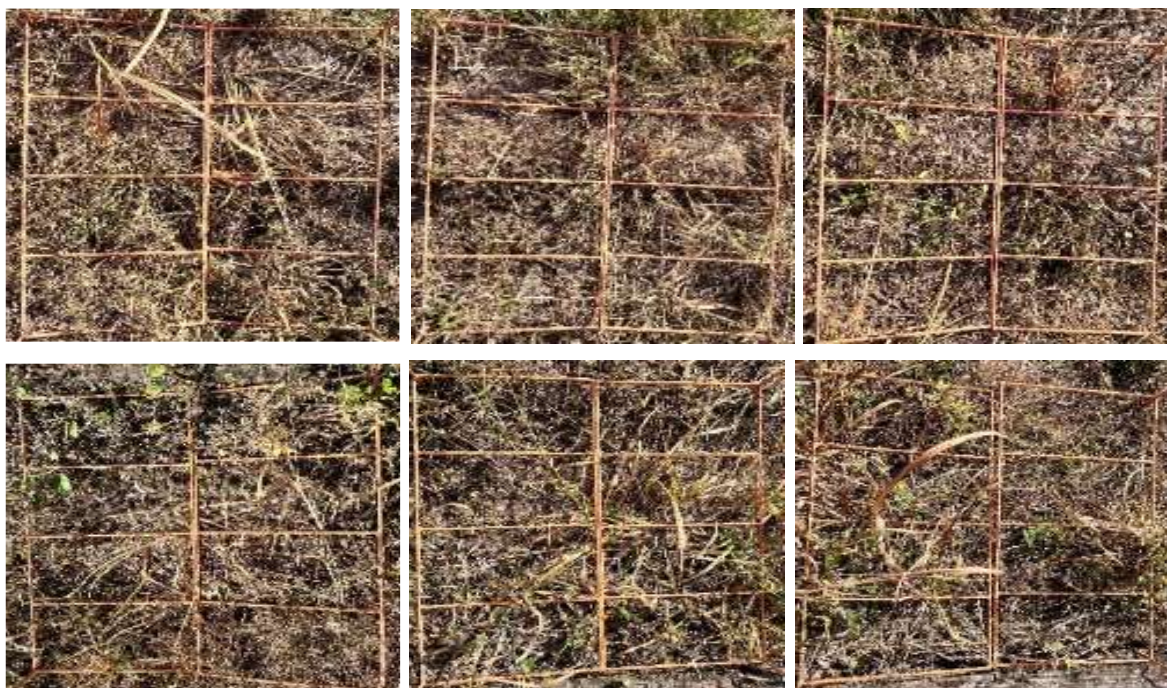


Figura 4.26 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del cuarto herbicida comercial "Glufosinato de amonio 1".

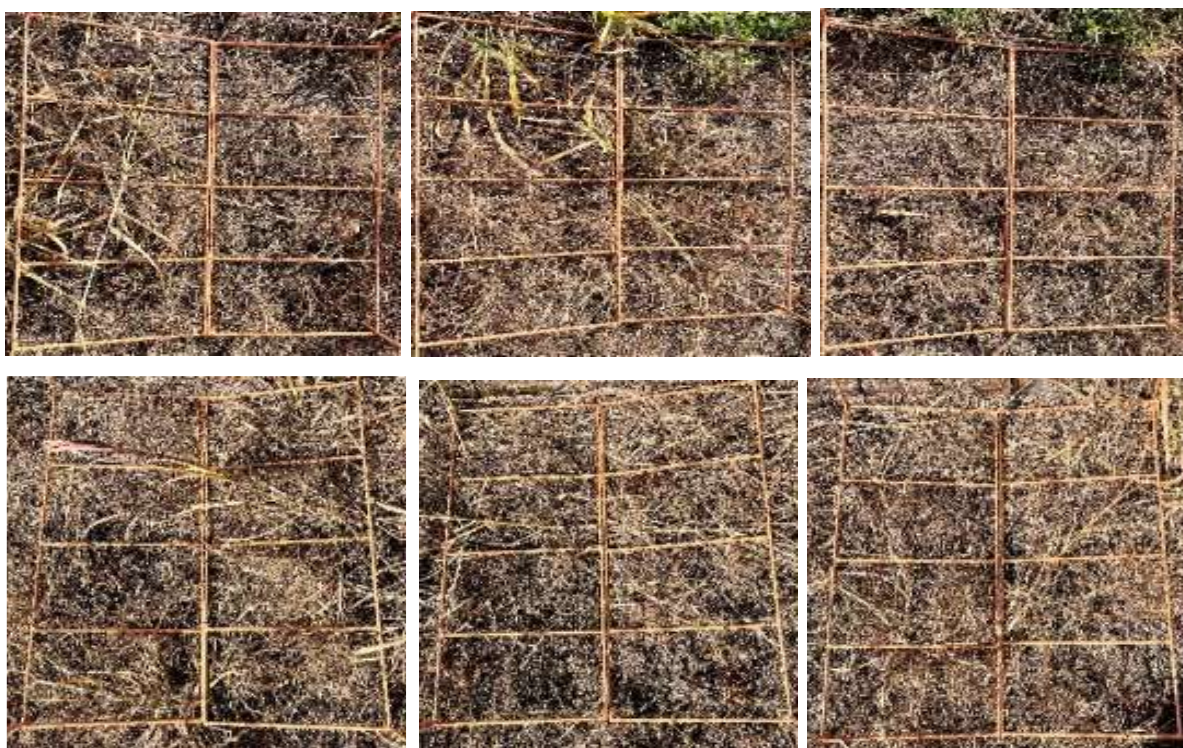


Figura 4.27 Evaluación visual de la eficiencia en dosis alta del cuarto herbicida comercial "Glufosinato de amonio 2".

4.3.9 Monitoreo a los 27 días después de la aplicación en dosis alta para el control de arvenses de los cinco diferentes tratamientos de herbicidas

En la figura 4.28, se observan los cinco diferentes herbicidas comerciales en dosis alta, 27 días después de su aplicación en campo y se aprecia en las imágenes que el herbicida con mayor control de las arvenses fue el número 5) “Glufosinato de amonio 2”, ya que los productos 1) “Paraquat 1”, 2) “Paraquat 2”, 3) “Paraquat + diuron” se aprecian los rebrotes de arvenses nuevas.

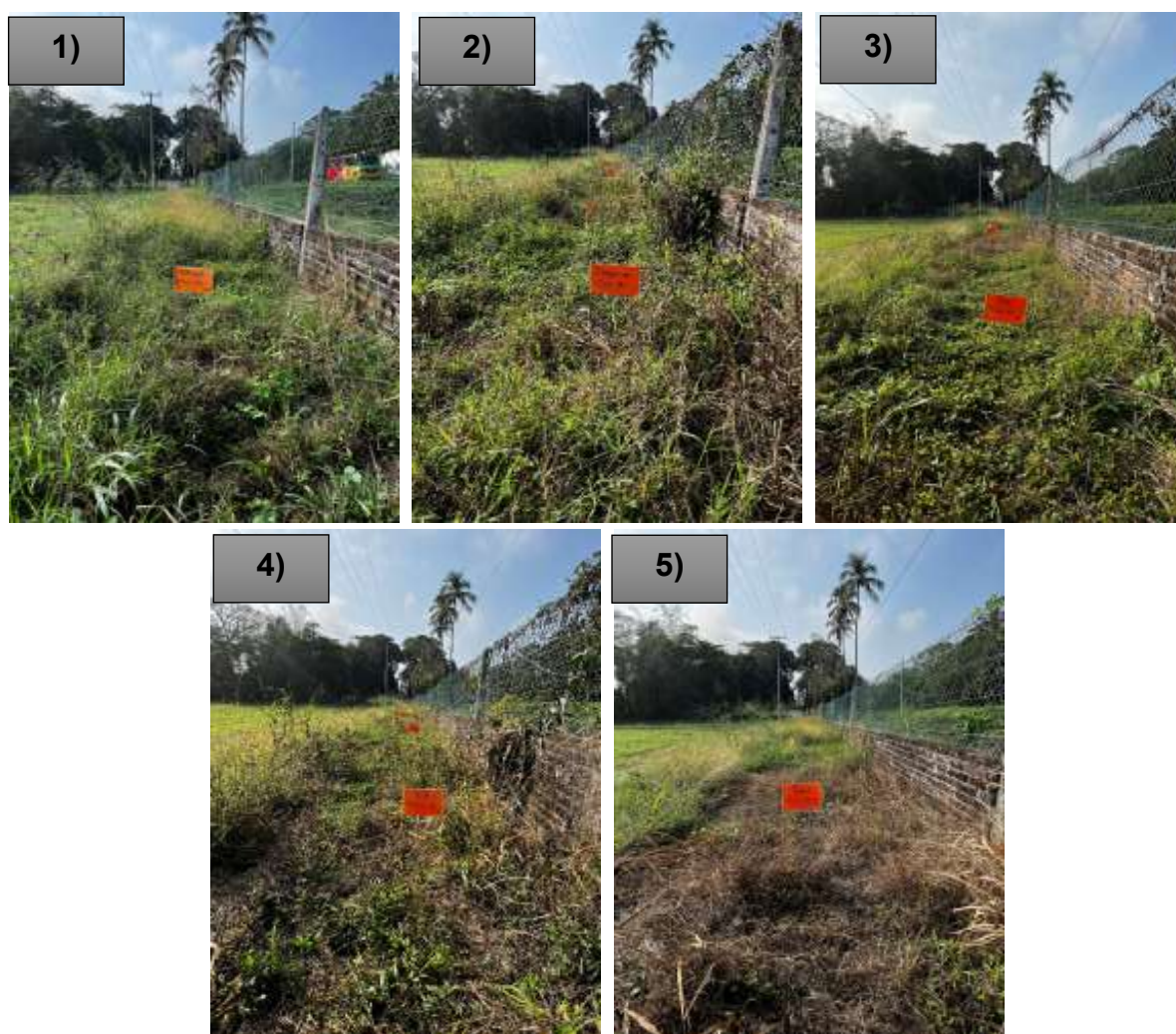


Figura 4.28 Monitoreo de eficiencia el día 27 de los cinco herbicidas comerciales en dosis alta: 1) “Paraquat 1”, 2) “Paraquat 2”, 3) “Paraquat + diuron”, 4) “Glufosinato de amonio 1”, 5) “Glufosinato de amonio 2”.

V. CONCLUSIONES

En la evaluación del control mecánico:

- El motocultor Parazzini es una alternativa eficiente para los pequeños productores en el control de arvenses en áreas de una a tres hectáreas, mostrando un rendimiento efectivo por hectárea de 3 horas con 18 minutos, un consumo de combustible de 8.33 litros y una altura del corte a partir del relieve del suelo de 4 centímetros.
- La desbrozadora STILH resulto ser otra alternativa eficiente para los pequeños productores en el control de arvenses, pero con áreas menores a una hectárea. Este equipo tiene un rendimiento efectivo de 17.65 horas por hectárea cuando la persona está capacitada.

En la evaluación de los herbicidas comerciales:

- El tratamiento 5 glufosinato de amonio 2 (150g. de i.a./L) en dosis de tres litros por hectárea de producto comercial, es la mejor alternativa para sustituir el uso del glifosato en el sistema milpa en las condiciones que prevalecen para la zona centro del estado de Veracruz, con una eficiencia del 92.33% y un periodo de control de 27 días después de la aplicación.
- El tratamiento 2 paraquat 2 (200g. de i.a./L) en dosis de tres litros por hectárea de producto comercial, es la segunda alternativa para sustituir el uso del glifosato en el sistema milpa en las condiciones que prevalecen para la zona centro del estado de Veracruz, con una eficiencia del 93.67% y un periodo de control de 22 días después de la aplicación.

Se recomienda para futuras investigaciones elaborar pruebas toxicológicas de los productos aquí propuestos, puesto que la norma mexicana NOM-232-SSAI-2009 solo reglamenta o regula las características del producto en etiqueta y se encontró que la norma exija la evaluación toxicológica. Estos productos evaluados son de categoría en precaución cuatro, banda azul y peligro tres, banda amarilla.

VI. LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A., & Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution in Latin America. *Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587–612
- Arellano-Aguilar, O. y J. Rendón von Osten. 2016. *La Huella de los Plaguicidas en Mexico*. Greenpeace. Cd. De México, México. P.39.
- ATSDR, (2019), “U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Glyphosate. Estados Unidos de América”. Disponible en <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp214.pdf>
- Bejarano-González, F. 2017. RAPAM. Edo. Mex., Mexico. Págs. 59-110.
- Blanco Valdés, Yaisys; Leyva Galán, Ángel; Castro Lizazo, Iván. 2014. Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) Cultivos Tropicales, vol. 35, núm. 3, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba pp. 62-69. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000300007
- Bonny, S. 2016. Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: overview and impact. *Environmental Management*. 57(1): 31-48
- BPA, 2024. Equipos y técnicas de aplicación terrestre. Ministerio de agricultura de Costa Rica. Pp 12-15
- Camacho T.J.H., Herrera V.P.P y Montenegro R.O. 2003. Manejo y calibración de aspersoras para la aplicación de agroquímicos, primera Edición. Colombia. P 9.
- Castillo-López E, Marín-Colli EE, López-Tolentino G, Jiménez-Chi JA, Muñoz-Osorio GA. 2021. Perspectivas del sistema milpa en Yucatán. *Bioagrociencias* 14(2): 13-22.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimenticia (CEDRSSA). 2020. Investigación: Usos y regulación de herbicidas en México. Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México. 43p.
- Clara P.A y Quiroz R.A 2020. Motocultor uso y beneficios primera Edición, México, P.4
Recuperado de: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/materiales/Manual_Motocultor_2020.pdf

COFECE. 2015. Reporte sobre las Condiciones de Competencia en el Sector Agroalimentario. Comisión Federal de Competencia Económica. Cd. de México, México. 579 pp.

CONAHCYT, 2021. Manejo ecológico integral de arvenses en México. Primera Edición, México P.4. Recuperado de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/materiales/MEIA_01_Presentacion.pdf

CONAHCYT, 2022. Como aplicar las practicas MEIA. motocultor Primera Edición, México P.1 Recuperado de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/materiales/MEIA_13_Motocultor_20220408.pdf

Cortés, J. I. y Turrent A. (2012). Una tecnología multiobjetivo para pequeñas unidades de producción. En J. L. Calva (Ed.), Análisis estratégico para el desarrollo, políticas agropecuarias y pesqueras, vol. 9, México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 162-178.

Cortes, J. y Turrent, A. 2018. MIAF: una tecnología multiobjetivo sustentable para la agricultura tradicional. En Calva J. l. (Ed.) Soberanía alimentaria para el desarrollo del campo pp. 189-206. Ciudad de México, México. Juan Pablos, Editor S.A. Consejo Nacional de Universitarios por una Nueva Estrategia de Desarrollo. recuperado de https://issuu.com/consejonacionaldeuniversitarios/docs/volumen_9-soberania_alimentaria-ent/198

Cortés, J., Turrent, A., Hernández, E., Francisco, N., Torres, J., Zambada, A. y Díaz, P. 2014. La Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) una tecnología multiobjetivo para las pequeñas unidades de producción. Primera Edición Ciudad de México, México. Pp Recuperado de MilpaIntercaladaconFrutales.pdf. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=DC-LaR1IAvQC&oi=fnd&pg=PA100&ots=GN9O5hZC1g&sig=7n3yOaJPbniBGkMTIFpbgxG33JY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Davoren M.J. y Schiestl R.H. 2018. Glyphosate-based herbicides and cancer risk: A post-IARC decision review of potential mechanisms, policy and avenues of research. *Carcinogenesis* 39 (10), 1207-1215. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgy105>

Defarge N., Spiroux de Vendômois J. y Séralini G.E. 2018. Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. *Toxicology Reports* 5, 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.12.025>

Duarte, A. M. y Martins, A. 2005. Uso de desbrozadora como alternativa a los herbicidas en el control de malas hierbas en naranjo “Rhode.” Congreso 2005 de La Sociedad Española de Malherbología USO, (March), 5.

Duke, S. O., Powles, S. B. 2008. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*, 64, 319–325.

Escalona Aguilar, M. A., Becerra, M., Noriega Armella, M. I., Cerdán Fernández, C., Tercero Pérez, A. y Vilis Hernández, M. I. 2021. Agricultura sin glifosato: alternativas para una transición agroecológica. Greenpeace.

FAO. 2024. Pesticides use and trade – 1990–2022. FAOSTAT Analytical Briefs, No. 89. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd1486en>

Garibay-Chávez, M. G., Curiel-Ballesteros, A. y Regalado-Santillán, J. 2024. Tendencia y destino; 50 años de preocupación ambiental global. *Espiral (Guadalajara)*, 31(91), 115-155. <https://doi.org/10.32870/eees.v31i91.7377>

Gliessman S., R., and C. Francis A. 1986. Plant interactions in multiple cropping systems. In: Francis C.A. (ed). *Multiple cropping systems*. EE.UU. pp: 82-95.

Godínez, G. 2022. Agricultura orgánica: un faro que guía hacia una producción de alimentos libres de glifosato. dos Casos de éxito. Universidad Autónoma de Chapingo.

Gómez Cruz. 2022. Gaceta informativa No 12, Manos a la obra como aplicar las practicas MEIA. Desbrozadora, CONAHCYT. 1 edición, México Pp 2-3 chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpegglefindmkaj/https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/materiales/MEIA_12_desbrozadora_y_machete.pdf

Gómez Tovar, L. y Gómez Cruz, M. Á. 2022. Sustitución de glifosato en la producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz, México. *Studies in Environmental and Animal Sciences*, 3(1), 103–117.

Gómez-Calderón N., Villagra-Mendoza, K. y Solorzano-Quintana, M. 2017. La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Tecnología en Marcha*, 31(1), 170-180. DOI: 10.18845/tm.v31i1.3506

González A., María Inés, Céspedes L., María Cecilia (eds.) (2010). Manual de producción de frambuesa orgánica [en línea]. Chillán, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 208. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7345> (Consultado: 11 de marzo de 2025).

González Ortega, E., Fuentes Ponce, M. H., González Ortega, E., & Fuentes Ponce, M. H., 2022. Dinámica del glifosato en el suelo y sus efectos en la microbiota. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 38. <https://doi.org/10.20937/rica.54197>

Hernández-Ríos, I., Osuna-Ceja, E. S., Pimentel-López J., & García-Saucedo, P. (2022). Control de malezas en maíz, frijol, girasol y sorgo: Efecto de métodos de control bajo dos sistemas de siembra. *Agro-Divulgación*, 2(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v2i6.137>

Hove-Jensen B., Zechel D.L. y Jochimsen B. (2014). Utilization of glyphosate as phosphate source: Biochemistry and genetics of bacterial carbon-phosphorus lyase. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 78 (1), 176-197. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00040-13>

IARC. (2015). Some Organophosphate Insecticides and Herbicides. *Glyphosate: Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. 1(12): 321-399

Juárez, D. 2012. Efecto de la Biota Edáfica en la Fertilidad del Suelo en el Sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF). Tesis de Doctorado. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados.

Labrada. R, Caseley. J, Parker. C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO. Roma, Italia Pp 14-15 recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ia801306.us.archive.org/9/items/bub_gb_i7inikglZZEC/bub_gb_i7inikglZZEC.pdf

Lara PE, Caso BL, y Aliphat FM. 2012. El sistema milpa roza, tumba y quema de los Maya Itzá de San Andrés y San José, Petén Guatemala. Ra Ximhai. 8(2):71-92.

Latournerie ML, Yupit MEC, Tuxill J, Mendoza EM, Arias RLM, Castañón NG, y Chávez SJL. 2005. Sistema tradicional de almacenamiento de semilla de Frijol y Calabaza en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana. 28(1):47-53.

Leopardi-Verde, C. L. y Cuevas-Anguiano, J. 2018. Malezas, malas, pero no tanto. Desde el Herbario: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. 263-267

Malézieux E., Y. Crozat., C. Dupraz., M. Lawrans., D. Makowski., H. Ozier-Lafontaine., B. Rapidel., S. de Tourdonnet., and M. Valantin. 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. Agron. Sustain. Dev. 29: 43–62 Pp.

Martínez E, Vallejo J, Hernández I. 2025. Incorporación de técnicas agroecológicas en el Programa Sembrando Vida en Chiapas, Guerrero y Veracruz. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352025000100017&lng=es&nrm=iso

Martínez. 2017. MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen (8): 1170-1171 Pp.

Monsanto. 2008. “Antecedentes”. En: Historia de los herbicidas a base de glifosato://www.monsantoglobal.com/global/py/productos/documents/1-herbicidas-glifosato.pdf

Ndakidemi P., A. 2006. Manipulating legume/cereal mixtures to optimize the above and below ground interactions in the traditional African cropping systems. Afr. J. Biotechnol. 5: 2526- 2533.

Pedrerros Ledesma A., s.f. Manejo de las malezas. Manual de producción de frambuesa orgánica, INIA Quilamapu, Chillán, Chile Pp 44-45.

Quiroz Ramírez. 2022. Gaceta informativa No.13, Manos a la obra: como aplicar las prácticas MEIA. Motocultor. CONAHCYT. 1 edición, México Pp 3 -4

R., Rodríguez, O., Reyes, R. y Villatoro, M., 2017. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica (R. Miranda Pérez & A. Barrera González, eds.). Universidad Autónoma de Chapingo

Ramírez Muñoz, F. 2021. El herbicida glifosato y sus alternativas. (Serie Informes Técnicos IRET no. 44). Universidad Nacional de Costa Rica.

Rao J. 1968. Studies on the development of tubers in nutgrass and their starch content at different soil depths. Madras Agricultural Journal 55:19-23.

Reynolds CHMA, Capetillo BA, Zetina LR, et al. Characterization of the typology of producers in the “sembrando vida” program in Oaxaca, Mexico. Open Access J Sci. 2024;7(1):152–157. DOI: 10.15406/oajs.2024.07.00228

Rocio A.G. 2014. El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): productividad y optimización económica del maíz y frijol. Tesis de Doctorado. Colegio de postgraduados. Texcoco, Edo. México. 48 p.

Turrent F, Cortes J, Espinoza A, Hernández E, Camas R, Torres J, Zambada A. 2017. MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000501169

Uribelarrea M., S. MooseP., F. Below E. 2007. Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. Field Crops Res. 100: 82–90 Pp.

Urrutia A y García R. 2021. Gaceta informativa No.1, Manejo ecológico integral de arvenses en México. CONAHCYT. 1 edición, México Pp 1 -2

extension://efaidnbmnnnibpcajpegclefindmkaj/https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/materiales/MEIA_01_Presentacion.pdf

Urrutia A y García R. 2021. Gaceta informativa No.5, Manejo mecánico CONAHCYT. 1 edición, México Pp 3 -4

Villarreal Q.J. (1983). Malezas de Buenavista, Coahuila. 1º Edición, Saltillo, Coahuila, México. 1 p.

Wilkinson, R.E and H.E. Jaques 1972. How to know the weeds. Third edition. The picture key. Nature Series. Wm. C. Brown C. Publ. Dubuque, Iowa.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Anova. 2023. Diferencias entre una desbrozadora y un cortabordes. Recuperado de: <https://www.anova.es/es/blog/diferencias-entre-una-desbrozadora-y-un-cortabordes-0>

Auravant. 2024. Control de malezas: ¿Cómo evitar las malezas difíciles? <https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/control-de-malezas-como-evitar-las-malezas-dificiles/> (marzo, 2025)

Baumann Paul A. 2013. Como identificar malezas: la estructura de las plantas son clave, <https://www.co.cowlitz.wa.us/DocumentCenter/View/1329/Como-identificar-malezas> (10 marzo de 2025)

BCS IBERICA. 2024. Así comenzó todo. <https://www.bcsagricola.com/asi-comienza-todo> (febrero, 2025).

BCS IBERICA. 2024. El aliado de la agricultura ecológica: el motocultor, <https://www.bcsagricola.com/blog/post/el-aliado-de-la-agricultura-ecologica-el-motocultor> (febrero, 2025).

Buenrostro, M. 2009. Las bondades de la milpa—Revista Ciencias. 30-32. <https://www.revistacienciasunam.com/es/41-revistas/revista-ciencias-92-93/213-las-bondades-de-la-milpa.html> (febrero 2025)

Cadena-Iñiguez, P., Camas-Gómez, R., López-Báez, W., López-Gómez, H. del C., González-Cifuentes, J. H. 2018. El MIAF, una alternativa viable para laderas en áreas marginadas del sureste de México: caso de estudio en Chiapas. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(7), 1351-1361. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1670>

CESAVEM. 2015. Campaña Contra Malezas Reglamentadas. <https://www.cesavem.mx/malezasreglamentadas.html> (22 febrero de 2025)

Chavanel, 2024; Guía sobre motocultores. <https://www.chavanel.es/cms/guia-sobre-motocultores?srsItd> (febrero, 2025)

CONABIO. 2016. La milpa. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/sistemas-productivos/milpa> (15 febrero 2025)

CONAHCYT. (2021). Manejo ecológico integral de arvenses: alternativas al glifosato en México. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. Gaceta Informativa (6), 7p.

Del Rio D, Serra C, Barrea R, Evangelista R. 2021. Se publica decreto mediante el cual se ordena la implementación de diversas medidas para eliminar el uso de glifosato y de maíz genéticamente modificado en el país. Recuperado de: <https://basham.com.mx/se-publica-decreto-mediante-el-cual-se-ordena-la-implementacion-de-diversas-medidas-para-eliminar-el-uso-de-glifosato-y-de-maiz-geneticamente-modificado-en-el-pais/>

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2020. Decreto por el que se establecen acciones para la sustitución gradual del uso, adquisición, distribución, promoción e importación del glifosato y del maíz genéticamente modificado. 31 de diciembre de 2020.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2023. Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones relacionadas con la prohibición del glifosato. 13 de febrero de 2023.

Enciso A. 2021. Acuden al amparo 26 empresas contra eliminación de glifosato. Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/09/28/sociedad/acuden-al-amparo-26-empresas-contra-eliminacion-de-glifosato/>

FAO. 1996. Capítulo 10. Herbicidas. <https://www.fao.org/4/t1147s/t1147s0e.htm> (27, febrero, 2025).

FAO. 2025. Agroecología. <https://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/> (21, febrero, 2025)

Hernández R. 2024. Guía de uso de Desbrozadoras: Corta Césped y Elimina Malezas. Recuperado de: <https://hydroenv.com.mx/id464/>

ILGA importadora. 2022; funciones y características de un motocultor. <https://ilgaimportadora.com/funciones-y-caracteristicas-de-un-motocultor/> (27 febrero 20205)

INIFAP. (2023). Aportes técnicos del INIFAP al Sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

INTAGRI. 2017. Manejo de Malezas en la Agricultura Orgánica. Serie Agricultura Orgánica Núm. 16. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/manejo-de-malezas-en-la-agricultura-organica> (25 febrero 2025)

López, A. 2019. Sembrando Vida, el programa más grande de creación de empleos en la historia: presidente AMLO. Recuperado de <https://presidente.gob.mx/sembrando-vida-el-programa-mas-grande-de-creacion-deempleos-en-la-historia-presidente-amlo/>

Mayorga Juan, 2024., Glifosato en México: ¿por qué el gobierno pospuso su prohibición? <https://es.mongabay.com/2024/04/glifosato-mexico-gobierno-pospuso-su-prohibicion/> (febrero, 2025)

Morales Garcilazo, F. 2022. Milpa, un sistema fundamental para la seguridad alimentaria. *CIMMYT*. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/milpa-un-sistema-fundamental-para-la-seguridad-alimentaria/>

ONU. 2017. Informe de la Relatora Especial sobre el Derecho a la Alimentación. Asamblea General. Consejo de Derechos Humanos 34º período de sesiones, <https://docs.un.org/es/A/HRC/34/48> (10 enero 2025)

Rosales E. y Esqueda V. 2006. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. SAGARPA [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38373103/Clasificacion_uso_herbicidas_enrique_robles_valentin_esqueda-libre.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38373103/Clasificacion_uso_herbicidas_enrique_robles_valentin_esqueda-libre.pdf)

SADER. (2022). Lineamientos técnicos del Programa Sembrando Vida. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. DOF publicado 2022

SADER. 2018. Sistema de Milpa Intercalada con Árboles Frutales, <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/sistema-de-milpa-intercalada-con-arboles-frutales-que-es-como-functiona-y-cuales-son-sus-beneficios> (25 de febrero 2025).

SADER. 2022. Sistema de Milpa Intercalada con Árboles Frutales, ¿qué es, cómo funciona y cuáles son sus beneficios? <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/sistema-de-milpa-intercalada-con-arboles-frutales-que-es-como-functiona-y-cuales-son-sus-beneficios>

Secretaria del Bienestar (SEBIEN). 2020. Sembrando Vida es el programa agroforestal productivo más grande del mundo y el más importante generador de empleos en el país. <http://www.gob.mx/bienestar/prensa/sembrando-vida-es-el-programa-agroforestal-productivo-mas-grande-del-mundo-y-el-mas-importante-generador-de-empleos-en-el-pais>

Secretaria del Bienestar. 2020. Busca contribuir al bienestar social de sembradoras y sembradores a través del impulso de la autosuficiencia alimentaria <https://programasparaelbienestar.gob.mx/sembrando-vida/> (febrero 2025)

Sela G. 2020. Malezas y su control, recuperado de: <https://croipaia.com/es/blog/malezas-y-su-control/>

SeoSimple. 2023. Herbicidas, qué son y su empleo en la producción agrícola. <https://colombia.pochteca.net/herbicidas-que-son-y-su-empleo-en-la-produccion-agricola/>

Terrones R. 2022. Sistemas agroalimentarios productivos contribuyen a consolidar la paz social. CIMMYT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/sistemas-agroalimentarios-productivos-contribuyen-a-consolidar-la-paz-social/>

Unicom. 2022. Diferentes tipos de herbicidas y cuándo aplicarlos. Unicomtrol. <https://unicontrol.com/diferentes-tipos-de-herbicidas-y-cuando-aplicarlos/>

VII.ANEXOS

Anexo A. Datos recolectados para el cálculo de la velocidad de avance

Avance							
Velocidad de trabajo	Velocidad de transmisión	Tiempo de recorrido (min)	Tiempo de recorrido (s)	Tiempo promedio de recorrido (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)	Velocidad Promedio (km/h)
Baja	Primera velocidad	02:48	168	167	0.2976	0.29	1.07
		02:47	166		0.3012		
		02:47	167		0.2994		
	Segunda velocidad	01:24	84	86.67	0.5952	0.57	2.07
		01:28	88		0.5682		
		01:28	88		0.5682		
Media	Primera velocidad	02:18	138	135.67	0.3623	0.36	1.32
		02:15	135		0.3704		
		02:14	134		0.3731		
	Segunda velocidad	01:11	71	70.33	0.7042	0.71	2.55
		01:10	70		0.7143		
		01:10	70		0.7143		
Alta	Primera velocidad	02:02	122	121.67	0.4098	0.41	1.47
		02:02	122		0.4098		
		02:01	121		0.4132		
	Segunda velocidad	01:04	64	64.33	0.7813	0.77	2.79
		01:04	64		0.7813		
		01:05	65		0.7692		

Anexo B. Datos recolectados para la velocidad en reversa

Velocidad en reversa						
Velocidad de trabajo	Velocidad de transmisión	Repeticiones	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)	Velocidad Promedio (km/h)
Baja	Primera velocidad	R1	42.87	0.2333	0.2260	0.8135
		R2	45.7	0.2188		
		R3	44.29	0.2258		
	Segunda velocidad	R1	22.37	0.4470	0.4369	1.5729
		R2	23.42	0.4270		
		R3	22.90	0.4368		
Alta	Primera velocidad	R1	29.56	0.3383	0.3468	1.2483
		R2	28.14	0.3554		
		R3	28.85	0.3466		
	Segunda velocidad	R1	16.73	0.5977	0.6226	2.2412
		R2	15.43	0.6481		
		R3	16.08	0.6219		

Anexo C. Datos recolectados para el cálculo de consumo de combustible en ralentí

Ralentí	Repeticiones	Tiempo de motor encendido (min)	Tiempo promedio de motor encendido (min)	Combustible de inicio (ml)	Combustible al final (ml)
Velocidad Alta	R1	17.38	17.44	500	250
	R2	17.50		500	250
	R3	17.43		500	250
Velocidad media	R1	25.48	24.28	500	250
	R2	23.08		500	250
	R3	24.28		500	250
Velocidad Baja	R1	48.12	48.64	500	250
	R2	49.17		500	250
	R3	48.64		500	250

Anexo D. Datos recolectados para el cálculo de consumo de combustible en operación

Velocidad de transmisión	Velocidad de trabajo	Consumo promedio en (ml) en 40 m ²	Consumo promedio en (l / ha)
Segunda velocidad	Alta	33	8.3
	Media	50	12.5
	Baja	63	15.8
Primera velocidad	Alta	40	10.0
	Media	93	23.3
	Baja	100	25

Anexo E. Datos recolectados para el cálculo de tiempo de operación

Velocidad de transmisión	Velocidad de trabajo	Tiempo promedio de prueba (s)	Tiempo promedio (hrs/ha)
Primera velocidad	Alta	90.33	6.27
	Media	96.66	6.71
	Baja	104.66	7.26
Segunda velocidad	Alta	47.77	3.31
	Media	66	4.58
	Baja	76.66	5.32

Anexo F. Datos recolectados para el cálculo de altura de corte

Velocidad de trabajo	Repeticiones	Distancia recorrida (m)	Altura promedio de arvense (m)	Tiempo de recorrido (s)	Altura de corte (cm)	Altura promedio de corte (cm)
Primera velocidad de transmisión	Baja	R1	25	0.52	90.01	4
		R2	25	0.67	95.35	4
		R3	25	0.56	87.74	5
	Media	R1	25	0.65	73.94	6
		R2	25	0.50	69.27	3
		R3	25	0.54	73.09	4
	Alta	R1	25	0.40	56.49	4
		R2	25	0.55	52.21	5
		R3	25	0.45	56.31	3

	Velocidad	Repeticiones	Distancia recorrida (m)	Altura promedio de maleza (cm)	Tiempo de recorrido (s)	Altura de corte (cm)	Altura promedio de corte (cm)
Segunda Velocidad de transmisión	Baja	R1	25	45	44.07	5	4.66
		R2	25	30	43.64	3	
		R3	25	40	42.71	6	
	Media	R1	25	90	39.94	6	4.66
		R2	25	45	38.62	4	
		R3	25	40	40.19	4	
	Alta	R1	25	45	28.57	3	4.0
		R2	25	50	29.05	3	
		R3	25	55	28.80	6	

Anexo G. Ficha técnica proporcionada por el proveedor de la maquina utilizada en las pruebas de motocultor.

Nombre de los parámetros	Valores de los parámetros
Marca del motor	PARAZZINI
Tipo de gasolina para motor	Motor a gasolina 4 tiempos
Potencia de motor / velocidad (Hp / rpm)	6.5 / 3600
Desplazamiento (cc)	196
Sonido (dB)	96
Capacidad del tanque de gasolina (l)	3.6
Capacidad de succión (l)	0.6
Capacidad de salida (rpm)	920
Transmisión	2 adelante / 2 reversa
Distancia entre las ruedas (cm)	40
Método de encendido	Arranque de tracción
Peso neto (Kg)	57

Anexo H. ANOVA Bloques al azar

FV	GL	SC	CM	F-Valor	P-Valor
Tratamiento	4	1718.9	429.72	2.29	0.095
Rep	5	291.4	58.27	0.31	0.900
Error	20	3745.1	187.26		
Total	29	5755.4			

FV: Fuente de variabilidad; GL: Grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio

Anexo I. Comparación Múltiples de medias Tukey 95%

Tratamiento	Media	Grupo
Paraquat 2 en dosis baja	76.1667	A
Paraquat 1 en dosis baja	72.5	A
Pardy (Paraquat + diuron) dosis baja	60.6667	A
Glufosinato de amonio 2 en dosis baja	58.8333	A
Glufosinato de amonio 1 en dosis baja	58	A

Anexo J. Comparación Múltiples de medias Fishe 95%

Tratamiento	Media	Grupo
Paraquat 2 en dosis baja	76.1667	A
Paraquat 1 en dosis baja	72.5	A B
Pardy (Paraquat + diuron) dosis baja	60.6667	A B
Glufosinato de amonio 2 en dosis baja	58.8333	B
Glufosinato de amonio 1 en dosis baja	58	B

Anexo K. Valores promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis baja del primer producto comercial

Paraquat 1 en dosis baja										Promedio (%)
	C1*	C2*	C3*	C4*	C5*	C6*	C7*	C8*	Suma	
R1	5	10	6	10	11	10	7	7	66	72.50
R2	10	11	7	9	6	10	10	10	73	
R3	10	6	10	10	10	6	11	11	74	
R4	11	11	10	11	11	8	8	11	81	
R5	6	10	10	10	5	10	12	11	74	
R6	5	5	11	12	5	7	10	12	67	

C1*-C8*: Representa cada una de las 8 divisiones para evaluar visualmente la eficiencia del producto en la fotografía

Anexo L. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis baja del segundo producto comercial

Paraquat 2 en dosis baja										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	8	6	10	10	8	8	10	10	70	76.17
R2	6	6	10	12	8	10	12	10	74	
R3	10	10	10	8	10	6	10	10	74	
R4	10	10	10	12	12	8	10	10	82	
R5	10	10	10	10	12	10	10	10	82	
R6	11	8	8	8	10	10	10	10	75	

Anexo M. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis baja del tercer producto comercial

Pardy (Paraquat + diuron) dosis baja										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	8	5	8	5	8	5	8	8	55	60.67
R2	10	6	8	8	8	8	10	10	68	
R3	6	6	8	8	8	6	6	6	54	
R4	8	5	8	8	5	5	8	8	55	
R5	10	8	8	10	10	8	10	10	74	
R6	8	5	8	8	8	5	8	8	58	

Anexo N. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis baja del cuarto producto comercial

Glufosinato de amonio 1 en dosis baja										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	10	10	8	8	10	11	8	5	70	58.00
R2	11	11	11	8	8	10	11	8	78	
R3	11	11	11	10	11	11	11	8	84	
R4	5	5	2	8	8	2	2	8	40	
R5	5	2	2	8	8	2	2	8	37	
R6	8	2	2	5	10	2	2	8	39	

Anexo Ñ. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis baja del quinto producto comercial

Glufosinato de amonio 2 en dosis baja										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	6	6	6	11	11	6	6	8	60	58.83
R2	11	8	8	8	8	8	3	8	62	
R3	5	3	3	5	8	3	3	5	35	
R4	10	5	5	2	10	8	5	5	50	
R5	10	6	10	10	10	10	8	6	70	
R6	8	10	10	10	10	10	10	8	76	

Anexo O. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis alta del primer producto comercial

Paraquat 1 en dosis alta										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	6	6	2	6	6	6	2	10	44	65.67
R2	8	8	8	10	8	10	6	8	66	
R3	10	6	6	8	10	6	6	8	60	
R4	10	8	6	8	10	8	6	10	66	
R5	10	10	10	10	10	10	10	10	80	
R6	10	10	10	10	10	8	10	10	78	

Anexo P. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis alta del segundo producto comercial

Paraquat 2 dosis alta										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	12	12	12	12	10	12	10	12	92	93.67
R2	12	12	12	12	12	12	12	12	96	
R3	12	12	12	12	12	12	12	12	96	
R4	10	12	12	12	12	10	12	12	92	
R5	10	12	12	12	12	12	12	12	94	
R6	12	10	12	12	10	12	12	12	92	

Anexo Q. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis alta del tercer producto comercial

Paraquat + diuron en dosis alta										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	10	10	10	10	8	10	8	10	76	74.67
R2	10	10	6	6	10	10	6	6	64	
R3	10	10	10	10	10	10	10	10	80	
R4	10	10	10	6	10	10	6	8	70	
R5	10	10	10	10	10	10	10	10	80	
R6	10	10	10	10	10	10	8	10	78	

Anexo R. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis alta del cuarto producto comercial

Glufosinato de amonio 1 en dosis alta										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	12	12	10	12	12	12	10	12	92	85.00
R2	10	12	12	10	10	12	12	12	90	
R3	10	12	10	12	10	12	12	10	88	
R4	8	10	12	10	10	10	12	12	84	
R5	8	10	10	10	10	10	10	10	78	
R6	10	10	10	10	10	10	8	10	78	

Anexo S. Valor promedio en la evaluación visual de la eficiencia a los 13 días después de la aplicación (DDA) en dosis alta del quinto producto comercial

Glufosinato de amonio 2 dosis alta										Promedio (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Suma	
R1	12	12	10	12	10	12	12	12	92	92.33
R2	12	12	10	12	12	12	10	10	90	
R3	12	12	10	12	12	12	12	12	94	
R4	12	12	12	10	12	10	12	12	92	
R5	12	10	12	12	12	12	12	12	94	
R6	12	12	12	12	12	10	12	10	92	

APÉNDICE

Instrucciones de uso de los productos químicos comerciales utilizados en la investigación.

KOOROQUAT; PARAQUAT		
CULTIVO	DOSIS L/Ha	OBSERVACIONES
Tropicales: Plátano, cafeto, papayo, guayabo. Otros cultivos: Aguacatero, manzano, peral, durazno, cítricos, nogal	1.5 - 3.0	La solución de KOOROQUAT no debe alcanzar la parte vegetativa de los cultivos durante la aplicación ya que eso perjudicaría al cultivo
Papa, pepino, lechuga, melón, col, soya, jitomate, caña de azúcar, maíz, piña, cártamo, girasol, chicharo, cebolla, espárrago, frijol, brócoli, zanahoria, coliflor, calabacita, sandía.	1.5 - 2.0	Aplicaciones entre los surcos sin tocar el cultivo. Hacer aplicaciones dirigidas a la maleza cuando ésta haya alcanzado una altura de 5 a 15 cm. Aplique con equipo protector (campana).
Desecación de: Sorgo, maíz, trigo y cebada	1.5 - 2.0	Aplicar cuando el grano esté maduro y tenga una humedad del 15 al 27 %
Frijol y soya	0.5 - 2.0	Cuando la semilla de la soya esté madura
Caña de azúcar	1.5 - 2.0	La caña tratada podrá ser quemada y cosechada durante un periodo que varía de 4 a 7 días después de la aplicación
Algodonero	1.0 - 2.0	Aplicar cuando un 80 - 95 % de las bellotas estén abiertas y el resto maduras.
Papa	3.0 - 5.0	Aplicar cuando el cultivo haya alcanzado su punto máximo de vegetación. No tratar cuando el terreno esté muy seco, es precisamente cuando las hojas presentan síntomas de marchitez durante el día.
Cártamo y girasol	2.0 - 4.0	Aplicar cuando las semillas estén maduras.

DRAGOCSON; PARAQUAT		
CULTIVO	DOSIS L/Ha	OBSERVACIONES
Tropicales: Plátano, cafeto, papayo, guayabo. Otros cultivos: Aguacatero, manzano, peral, durazno, cítricos, nogal	1.5 - 3.0	La solución de DRAGOCSON no debe alcanzar la parte vegetativa de los cultivos durante la aplicación ya que eso perjudicaría al cultivo.
Papa, pepino, lechuga, melón, col, soya, jitomate, caña de azúcar, maíz, piña, cártamo, girasol, chicharo, cebolla, espárrago, frijol, brócoli, zanahoria, coliflor, calabacita, sandía	1.5 - 2.0	Aplicaciones entre los surcos sin tocar el cultivo. Hacer aplicaciones dirigidas a la maleza cuando ésta haya alcanzado una altura de 5 a 15 cm. Aplique con equipo protector (campana).
Desecación de: Sorgo, maíz, trigo y cebada	1.5 - 2.0	Aplicar cuando el grano esté maduro y tenga una humedad del 15 al 27 %
Frijol y soya	0.5 - 2.0	Cuando la semilla de la soya esté madura
Caña de azúcar	1.5 - 2.0	La caña tratada podrá ser quemada y cosechada durante un periodo que varía de 4 a 7 días después de la aplicación
Algodonero	1.0 - 2.0	Aplicar cuando un 80 - 95 % de las bellotas estén abiertas y el resto maduras.
Papa	3.0 - 5.0	Aplicar cuando el cultivo haya alcanzado su punto máximo de vegetación. No tratar cuando el terreno esté muy seco, es precisamente cuando las hojas presentan síntomas de marchitez durante el día.
Cártamo y girasol	2.0 - 4.0	Aplicar cuando las semillas estén maduras.

BIFFO; GLUFOSINATO DE AMONIO			
CULTIVO	MALEZA Nombre común Nombre científico	DOSIS (L/ha)	OBSERVACIONES
Maíz, Sorgo (SL)	Coquillo <i>Cyperus rotundus</i> Lechosa <i>Euphorbia heterophylla</i> Flor Amarilla <i>Baltimora recta</i> Tomatillo <i>Physalis engulata</i> Zacate de agua <i>Echinochloa colonum</i>	1.125 - 1.5	Realizar una aplicación foliar post-emergencia dirigida a la maleza, cuando ésta se encuentre en crecimiento activo no mayor a 15 cm de altura, volumen de aplicación 150-250 L / ha
Cidro, Lima, Limón, Naranja, Pomelo, Tangerino, Toronja, Mandarina	Platanillo <i>Heliconia schiedeana</i> Guinar <i>Sida mombifolia</i> Quintonil <i>Amaranthus hybridus</i> Campanilla <i>Ipomoea purpurea</i> Pata de gallo <i>Eleusine indica</i> Caminadora <i>Rottoboellia cochinchinensis</i>	2.5 - 3.0	Realizar una aplicación foliar post-emergencia dirigida a la maleza, cuando ésta tenga una altura menor de 15 cm; volumen de aplicación sugerido 196-296 L de mezcla / ha
Aguacatero (SL)	Alache <i>Anoda cristata</i> Lentejilla <i>Lepidum virginicum</i> Ojo de perico <i>Melampodium perfoliatum</i> Comfitillo <i>Parthenium bipinnatifidum</i> Zacate cola de zorra <i>Eragrostis mexicana</i> Zacate bahía <i>Paspalum notatum</i> Lengua de Vaca <i>Rumex mexicana</i> Trébol <i>Trifolium repens</i>	1.5 - 2.0	Realizar una aplicación al follaje en post-emergencia dirigida a la maleza cuando ésta tenga una altura menor de 15 cm; volumen de aplicación sugerido 220-320 L de agua / ha
Agave (No aplicar en plantaciones mayores a 5 años)	Quintonil <i>Amaranthus hybridus</i> Pata de gallo <i>Eleusine indica</i> Platanillo <i>Heliconia schiedeana</i> Campanilla <i>Ipomoea purpurea</i> Esodbilla <i>Sida mombifolia</i> Caminador <i>Rottoboellia cochinchinensis</i>	2.0 - 2.5	Realizar una aplicación al follaje en post-emergencia dirigida a la maleza cuando ésta tenga una altura menor de 15 cm; volumen de aplicación sugerido 214-314 L de mezcla / ha

PODERIO; GLUSOFINATO DE AMONIO				
CULTIVOS	MALEZAS		DOSIS (L/ha)	OBSERVACIONES
	NOMBRE COMÚN NOMBRE CIENTÍFICO			
	Malezas de hoja ancha:	Malezas de hoja angosta:		
Maíz Sorgo	Escobille	Coquillo amarillo	1.0-3.0	Realizar una aplicación en post-emergencia a la maleza. Volumen de aplicación 200-300 L/ha
	<i>Sida acuta</i>	<i>Cyperus esculentus</i>		
Avena	Agritos	Zacate bermuda		
Centeno	<i>Oxanis coniculata</i>	<i>Cynodon dactylon</i>		
Trigo	Acahual	Zacate pata de gallo		
Triticale	<i>Simsia amplexiaulis Cav</i>	<i>Echinochloa crus galli</i>		
Arroz (SL)	Hierba de pollo			
	<i>Commelina diffusa</i>			
	<i>Burnm</i>			
	Correhuela			
	<i>Ipomea purpurea</i>			
Cidro	Hierba amarga		0.75 - 1.5 % /100 L de agua	Realizar aplicaciones en post-emergencia a la maleza y al cultivo. Volumen de aplicación sugerido 350 - 450 L/ha
Limón Lima	<i>Parthenium hysterophorus</i>			
Mandarina	Escobilla			
Naranja	<i>Sida rhombifolia</i>			
Pomelo	Zacate amargo			
Tangerina	<i>Eleusine indica</i>			
Toronja (SL)	Hierba conejo			
	<i>Digitaria sanguinalis</i>			
	Zacate panza de burro			
	<i>Cynodon dactylon</i>			
	Zacate peludo		1.00-1.50 L / 100 L de agua	Realizar una aplicación en post-emergencia temprana a la maleza y al cultivo; volumen de aplicación sugerido 350-450 L / ha
	<i>Rottoboellia exaltata</i>			
	Cien nudos, lengua de pájaro			
	<i>Polygonum aviculare</i>			
Aguacate (SL)	Estrellita			
	<i>Galinsoga parviflora</i>			
	Quintonil, quelite			
	<i>Amaranthus hybridus</i>			
	Lengua de vaca			
	<i>Rumex crispus</i>			

PARDY; PARAQUAT + DIURON			
CULTIVO	MALEZA		OBSERVACIONES
	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	
Maíz	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	Aplicación dirigida a la maleza
	Mostacilla	<i>Sisymbrium irio</i>	
	Zacate carricillo	<i>Panicum reptans</i>	
	Golondrina	<i>Euphorbia sp</i>	



Categoría de peligro	TOXIC. Símbolo y frase de peligro	DAÑOS. Símbolo y frase de peligro	IRITACIÓN. Símbolo y frase de peligro
1 PELIGRO	Mortal en caso de ingestión	Mortal por el contacto con la piel	Mortal si se inhala
2 PELIGRO	Mortal en caso de ingestión	Mortal por el contacto con la piel	Mortal si se inhala
3 PELIGRO	Tóxico en caso de ingestión	Tóxico por el contacto con la piel	Tóxico si se inhala
4 PRECAUCIÓN	Nocivo en caso de ingestión	Nocivo por el contacto con la piel	Nocivo si se inhala
5 PRECAUCIÓN	Puede ser nocivo en caso de ingestión	Puede ser nocivo en contacto con la piel	Puede ser nocivo si se inhala