



Evaluación del efecto de la adición de tres tipos de coadyuvantes a Cihalofof-butil en el control químico de malezas gramíneas

Dayanis Sofía Navarro Arango

Universidad Magdalena

Facultad de Ingeniería
Ingeniería Agronómica
Santa Marta, Colombia
2020



Evaluación del efecto de la adición de tres tipos de coadyuvantes a Cihalofof-butil en el control químico de malezas gramíneas

Dayanis Sofía Navarro Arango

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Agrónomo

Directora:
Verónica Hoyos Castaño
Codirectora:
Irma Quintero Pertúz

Grupo de Investigación:
Fitotecnia del Trópico

Universidad del Magdalena
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Agronómica
Santa Marta, Colombia
2020

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en
cumplimiento de los requisitos exigidos
por la Universidad del Magdalena para
optar al título de Ingeniero Agrónomo

Jurado

Jurado

Santa Marta, ____ de ____ del ____

*A Dios que todo lo permite, a mi familia y amistades
que tanto quiero.*

D Sofía Navarro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios que todo lo puede y me lo permite, por brindarme ánimo, dedicación, esperanza y mucha fortaleza para culminar este proyecto y esta etapa.

A mis padres por guiarme hacia el mejor camino, mi hermano Newman por no dejar que desistiera de mis sueños, mis sobrinos por su amor infinito y mi familia en general por brindarme su apoyo, la motivación que necesitaba, su cariño incondicional y las palabras que me fortalecían día a día.

Mis amistades más sinceras por apoyarme, darme ánimos y ayudarme en lo que no lograba entender.

Gracias a Fedearroz que me dio la oportunidad de ser parte de este proyecto, en especial al ingeniero Baldomero Puentes por los aportes para la formulación del mismo y quien me acompañó en todo el proceso de ejecución brindándome conocimientos elementales sobre la investigación.

Gracias a mi directora Verónica Hoyos y codirectora Irma Quintero por brindarme la oportunidad de ser mejor y aprender a profundidad del tema de investigación.

Gracias a mis docentes de toda la carrera, a mi alma mater por contribuir económicamente en el proyecto y todos los directivos de la Universidad del Magdalena.

Contenido

Lista de figuras	8
Lista de tablas	9
Lista de símbolos	10
CAPÍTULO 1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE TRES TIPOS DE COADYUVANTES A CIHALOFOP-BUTIL EN EL CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS GRAMÍNEAS	11
1.1 RESUMEN	11
Abstract.....	12
1.2 INTRODUCCIÓN.....	13
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.4 MATERIALES Y METODOS.....	17
1.4.1 Área de estudio.....	17
1.4.2 Calibración de equipos para aplicación de producto.	17
1.4.3 Análisis estadístico	19
1.5 RESULTADOS	21
Efecto de la aplicación de Cihalofof-butil para el control de malezas.....	21
Efecto de Cihalofof- butil con diferentes tipos y dosis de coadyuvante en el control de gramíneas.	23
1.6 DISCUSIÓN.....	26
Efecto de Cihalofof- butil con diferentes tipos y dosis de coadyuvante en el control de gramíneas.	27
CONCLUSIONES.....	29
A. ANEXO: DENSIDAD DE CIPERÁCEAS Y EUDICOTS POR EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN LOS CUATRO MOMENTOS DE EVALUACIÓN.....	31
B. ANEXO: DELIMITACIÓN DE PARCELAS POR TRATAMIENTO, MUESTREO Y APLICACIÓN. ..	34
Bibliografía	35

LISTA DE FIGURAS

PÁG.

Figura 1. Localización del área de estudio.	17
Figura 2. Plano del ensayo de campo, distribución y visualización de los tratamientos.....	18
Figura 3. Densidad de malezas en cultivo de arroz a los 4DDA y 15DDA. Gramíneas + H: efecto de la aplicación de Cihalofof-butil. Gramíneas – H: sin aplicación del herbicida.	21
Figura 4. Control de gramíneas expresado en porcentaje, durante el periodo evaluado según el herbicida + coadyuvante y dosis utilizada. T1: Cihalofof-butil + 4 ml Biofusion; T2: Cihalofof-butil +6 ml Biofusion; T3: Cihalofof-butil + 20 ml Aceite mineral; T4: Cihalofof-butil +30 ml Aceite mineral; T5: Cihalofof-butil + 2,4 ml Dash ® ; T6: Cihalofof-butil 4 ml Dash ® ; T7: Cihalofof- butil + 4 ml Potenzon ® ; T8: 12 ml Cihalofof-butil (testigo).	23

LISTA DE TABLAS

PÁG.

Tabla 1. Variables climáticas del lugar al momento del establecimiento del ensayo	18
Tabla 2. Tratamientos evaluados del ingrediente activo Cihalofof-butil con y sin coadyuvante	19
Tabla 3. Escala para la evaluación del porcentaje de control de malezas (ALAM, 1974).	20
Tabla 4. Densidad de gramíneas por efecto de los tratamientos en los cuatro momentos de evaluación.....	22
Tabla 5. Efecto de los tratamientos en la población de gramíneas según herbicida, coadyuvante y dosis de coadyuvante en los primeros 15 días de evaluación.	23

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Símbolo	Significado
Ha ⁻¹	Hectárea
M ²	Metro cuadrado
ml	Milímetro
ia	Ingrediente activo
°C	Grado centígrado
HR%	Humedad Relativa

Capítulo 1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE TRES TIPOS DE COADYUVANTES A CIHALOFOP-BUTIL EN EL CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS GRAMÍNEAS

1.1 Resumen

En cualquier sistema de producción de arroz, las malezas son una de las principales limitantes, causando pérdidas significativas de las cosechas. El principal método de control de malezas es la utilización de herbicidas, debido a su rápida respuesta, eficacia y economía. La utilización de coadyuvantes es una práctica que potencializa los resultados de los productos químicos; sin embargo, existe desconocimiento en el uso y las propiedades de estas sustancias químicas y de los resultados en la eficacia de los mismos. Basados en estos criterios, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de coadyuvantes al ingrediente activo cihalofop-butil en el control de malezas gramíneas y fitotoxicidad en el cultivo. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, evaluando el ingrediente activo en mezcla con coadyuvantes a base de lecitina de soya, aceite mineral, y la mezcla de metil oleato y metilpalmitato. Para cada agente penetrante se evaluaron dos dosis, para un total de ocho tratamientos incluyendo el testigo absoluto (no tratado). Las variables evaluadas fueron densidad de malezas, efectividad en el control con cihalofop-butil en mezcla con los diferentes agentes penetrantes expresado en control (%) y fitotoxicidad en el cultivo. Se realizaron cuatro muestreos en diferentes tiempos. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para cada momento de muestreo, pero se observó una disminución del 80% (aprox.) en la densidad de malezas por el efecto del herbicida entre los primeros 15 días de evaluación. El control de malezas mostro una disminución importante solo en los primeros ocho días después de tratamiento, independientemente del coadyuvante, atribuyéndosele al efecto que tiene el cihalofop-butil dentro de las dos primeras semanas de aplicación, además de la cobertura que generan las malezas y arroz al suelo, impidiendo la penetración de la luz y la emergencia de otras malezas. Cabe mencionar que las aplicaciones del herbicida y dosis de coadyuvante no presentaron síntomas visibles de toxicidad en el arroz.

Palabras claves: gramíneas, control químico, lecitina de soya, aceite mineral, metil oleato y metilpalmitato.

Abstract.

In any rice production system, weeds are one of the main constraints, causing significant crop losses. The main method of weed control is the use of herbicides, due to its rapid response, effectiveness, and economy. The use of adjuvants is a practice that enhances the results of chemical products; However, there is a lack of knowledge on the use and properties of these products and the results in their efficacy. The objective of this research was to evaluate the effect of the addition of adjuvants to the active ingredient cyhalofop-butyl in the control of grass weeds and phytotoxicity in the crop. A randomized block experimental design was used, evaluating the active ingredient in tank-mix with adjuvants based on soy lecithin, mineral oil, and the mixture of methyl oleate and methyl palmitate. For each adjuvant, two doses were evaluated, for a total of eight treatments including the absolute control (untreated). The variables evaluated were weed density, effectiveness in the control with cyhalofop-butyl in mixture with the different adjuvants expressed in control (%) and phytotoxicity in the crop. Four samplings were carried out at different times. The analysis of variance did not show significant differences between the evaluated treatments for each sampling moment, but a decrease of about 80% in weed density was observed due to the effect of the herbicide between the first 15 days of evaluation. Weed control showed a significant decrease only in the first eight days after treatment, regardless of the adjuvant, being attributed to the effect of cyhalofop-butyl within the first two weeks of application, in addition to the coverage generated by weeds and rice, preventing the penetration of light and the emergence of other weeds. It is worth mentioning that the applications of the herbicide and doses of adjuvant did not present visible symptoms of toxicity in the rice.

Key words: grasses, chemical control, soy lecithin, mineral oil, methyl oleate and methyl palmitate.

1.2 Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es cultivado desde hace más de 10.000 años, es considerado una de las principales fuentes de alimentación en el mundo, junto con el maíz y el trigo, ya que sustentan la base para la seguridad alimentaria (Fedearroz, 2014), proporcionando más calorías por hectárea que cualquiera de los otros cereales cultivados (ACPA, 2014).

En la actualidad el arroz es sembrado en todo el mundo, adaptado a diferentes condiciones ambientales, desde altas montañas hasta riberas de los ríos, desde el Ecuador a altas latitudes en Sudamérica (Pincioli et al. 2015). De acuerdo a la Federación Nacional de Arroceros de Colombia (FEDEARROZ) este cultivo es sustento para más de 28.000 familias productoras, presentes en 211 municipios en 23 departamentos, distribuidas en cinco zonas geográficas: zona centro con el 38% del área sembrada, zonas llanos con una participación del 37%, zona bajo cauca 12%, zona costa norte y zona Santanderes cada una con una participación en área del 6% (Fedearroz, 2007).

En cualquier sistema de arroz, las malezas son uno de las principales limitantes para la producción, causando pérdidas significativas de las cosechas. Una maleza se define como “cualquier planta que tenga impactos socioeconómicos y/o ambientales negativos, que amenacen la seguridad alimentaria mundial, la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas y la salud humana” (Neve et al. 2018). En el cultivo de arroz, las comunidades de malezas y las principales especies varían de acuerdo con su localización y los sistemas de producción de arroz, por ejemplo, en las Américas, *Echinochloa* spp. y el arroz maleza (*Oriza sativa*) son las más problemáticas y predominantes (Singh et al., 2017)

En el departamento del Tolima, se determinaron 42 especies de malezas asociadas al cultivo de arroz, pertenecientes a 20 familias y 31 géneros, destacando a *Echinochloa colona* como la especie más frecuente en los lotes evaluados (Ramírez et al., 2015). La importancia de esta especie se debe a su amplia distribución y habilidad competitiva, con densidades de 280 plantas m⁻², reduciendo hasta un 76% la producción (Mercado y Talatala, 1997).

Los efectos que ocasionan las malezas dentro del cultivo sean estos directos o indirectos, conllevan a destinar una gran cantidad de recursos e investigación para implementar programas de manejo de malezas, los cuales, involucran diversos métodos de manejo: biológico, cultural, mecánico y químico (Fedearroz, 2014). Este último es el más importante en los sistemas de producción de arroz en Colombia, debido al menor esfuerzo, la eficacia, economía y rapidez del control.

Los herbicidas pueden clasificarse según época de aplicación en pre-siembra (antes de la siembra del cultivo), preemergencia (intervalo entre la siembra y germinación de las malezas) y post emergencia (luego de la emergencia del cultivo). Los principales herbicidas utilizados en el cultivo de arroz en preemergencia son clomazone, oxadiacón, butaclor, bentiocarbo, pretilaclor y pendimetalina; dentro de los postemergentes (mayor oferta) se

encuentran el 2,4D, bispiribac-sodium, cihalofop-butil, fenoxaprop p-etil, entre otros (Fedearroz, 2014).

El cihalofop-butil cuyo mecanismo de acción es inhibir la acetil-CoA carboxilasa (ACCase), enzima que cataliza el primer paso comprometido en la síntesis de novo de ácidos grasos (Gronwald, 1994), es utilizado para el control en post emergencia de gramíneas en arroz, principalmente especies del género *Echinochloa* (Anzalone, 2007). Es absorbido rápidamente por los tejidos de las plantas, móvil en el xilema y floema, acumulándose en zonas meristemáticas; donde los primeros síntomas aparecen una semana después de su aplicación; sin embargo, el crecimiento de las raíces y partes aéreas se detiene a las pocas horas de la aplicación (Fedearroz, 2014).

La selectividad de este herbicida entre gramíneas susceptibles y plantas dicotiledóneas se debe a las formas de la ACCase que están presentes en cada uno de estos grupos de plantas y a la compartimentación de esta enzima (plastidios) (Konishi y Sasaki, 1994; Anzalone, 2007). Por su parte, la tolerancia del arroz a este ingrediente activo, se debe a la metabolización a una forma no inactiva como herbicida (Fedearroz, 2014).

Una de las formas de aumentar la eficiencia de las aplicaciones de agroquímicos en los cultivos es la adición de coadyuvantes a la mezcla de aplicación. Ampliamente definido un coadyuvante, es un ingrediente que facilita o modifica la acción del ingrediente activo principal (Quintero, 1999).

Aunque el costo relativo de los coadyuvantes es bajo y normalmente oscila entre el 3 y 5% del costo total de la aspersión, su incidencia sobre la eficiencia de los agroquímicos es fundamental, favoreciendo la relación costo-beneficio al utilizarlos adecuadamente (comunicación personal Ingeniero Baldomero Puentes, Fedearroz). Esto se debe a que estos productos permiten mejorar la adsorción (contacto del producto con la hoja), incrementar el ingreso y aumentar la actividad biológica de los herbicidas, teniendo como consecuencias un uso más eficiente del ingrediente activo, pudiendo reducir dosis de aplicación, costos e impacto ambiental (Alfonso et al., 2004). En términos generales, existe desconocimiento de las condiciones de uso y del tipo de adyuvante adecuado para determinado herbicida, conllevando a que las aplicaciones tengan mínimo soporte y fundamento técnico agronómico.

En campos arroceros en Colombia, se han observado diferencias entre formulaciones del mismo ingrediente activo, además un mejor desempeño del producto cuando se usa con aceites en vez de hipotensores de tipo alcohólico. Esto conlleva a que en algunos casos no se están controlando las malezas objetivo, lo cual podría ser atribuible a dosis inadecuadas, fallas en la selección del coadyuvante, entre otras causas (comunicación personal Baldomero Puentes, Fedearroz). Basados en lo anterior, el objetivo del presente

trabajo fue evaluar el efecto de la adición de coadyuvantes a Cihalofof-butil en el control químico de malezas gramíneas y fitotoxicidad en el cultivo.

1.3 Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de la adición de coadyuvantes en la eficiencia del herbicida cihalofof-butil.

Objetivos Específicos

1. Evaluar el efecto de la adición de tres agentes penetrantes en la eficacia de cihalofof-butil en el control de malezas.
2. Comparar el efecto de diferentes dosis y mezclas de agentes penetrantes en el control de gramíneas.
3. Evaluar la toxicidad causada por diferentes dosis de agentes de agentes penetrantes en el cultivo.

1.4 Materiales y Métodos

1.4.1 Área de estudio

La investigación se realizó en la finca El Volga, ubicada en el municipio el Reten, departamento del Magdalena, con coordenadas N 10° 34'92.30" - W 74°12'76.10" (Figura 1) con elevación de 20 msnm, precipitaciones anuales de 1527 mm en promedio, temperaturas de 28 °C y humedad relativa de 82% en promedio (IDEAM 2010). Se llevó a cabo una siembra con la variedad Fedearroz 2000, en hilera, con una densidad de siembra de 120 kg ha⁻¹, con aproximadamente 3.780.000 semillas y una germinación de 99%.

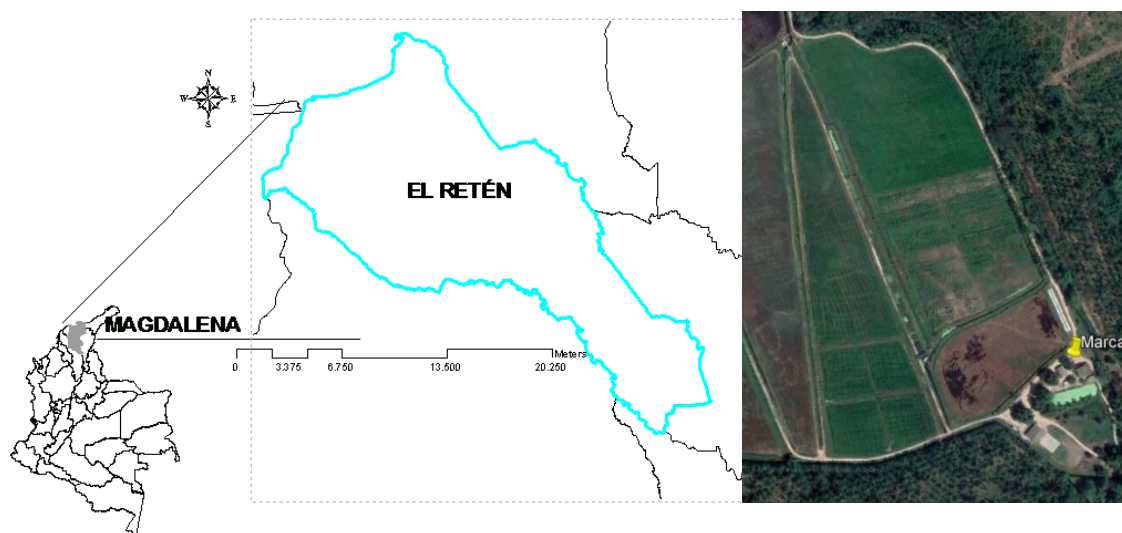


Figura 1. Localización del área de estudio.

Previo al establecimiento del ensayo, se realizó un muestreo de reconocimiento de malezas, con una distribución al azar y tomando diez puestos como referencia dentro del lote, utilizando un cuadro de 0,0625 m². Posteriormente, se inició con el trazado de las parcelas con medidas de 10m x 5 m y calles de 1 m entre cada parcela, se utilizaron estacas y nailon para la delimitación y marcación de cada una de ellas.

1.4.2 Calibración de equipos para aplicación de producto.

Para el establecimiento del ensayo y la aplicación de los tratamientos, se realizó principalmente la calibración de una bomba de espalda de 20 litros, se estableció la velocidad de aplicación en 1,2 Km h⁻¹, se utilizaron cuatro boquillas de abanico plano 8002 con descarga de 0,2 galones por minuto (0,75 L min⁻¹) con una presión 40 psi, para un ancho de moje final 2,35 m; Al momento de realizar la aspersión se tuvieron en cuenta

variables climáticas, las cuales fueron tomadas de la estación meteorológica más cercana (Tabla 1, Anexo B).

Tabla 1. Variables climáticas del lugar al momento del establecimiento del ensayo

Variables	7:00 a. m.	8:00 a. m.	9:00 a. m.
Temperatura (°C)	26	28	29,5
Humedad relativa (%)	87	79	71
Velocidad del viento (Km h ⁻¹)	5	5	7

Adicionalmente se realizó la preparación de cada uno de los tratamientos teniendo en cuenta todas las precauciones necesarias en la mezcla y vertido de las sustancias, principalmente con el equipo de protección adecuado para el manejo de agroquímicos.

Basados en la calibración del equipo, se determinó la cantidad de agua y de producto (según especificaciones de cada uno) necesario para la aplicación en el área total del ensayo (80 m²), seguidamente se realizó la aplicación de todos los tratamientos basados en el plano esquemático (Figura 2).

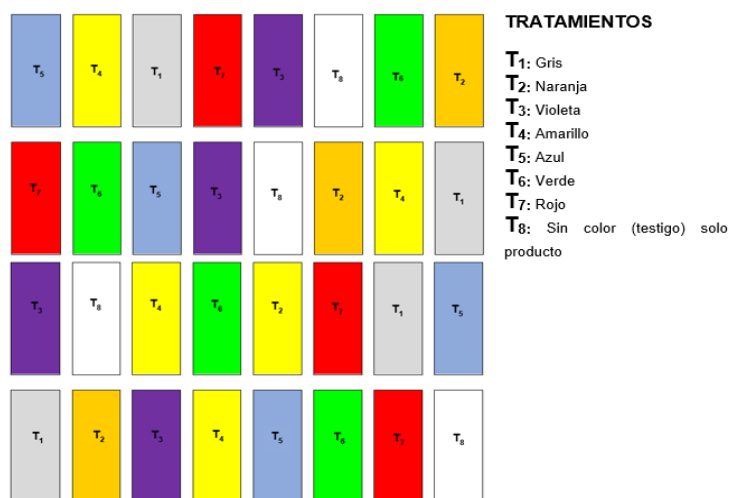


Figura 2. Plano del ensayo de campo, distribución y visualización de los tratamientos

Los factores a estudiar fueron: a) un herbicida con un único ingrediente activo (cihalofop-butil) , b) tres combinaciones del producto: cihalofop-butil + lecitina de soya, cihalofop-butil + aceite mineral y cihalofop-butil + mezcla de Metil oleato y metilpalmitato; cada uno con dos dosis de coadyuvantes diferente (**1x** que corresponde a la dosis comercial y **2x** el doble de la dosis). Adicionalmente se contó con un testigo comercial (alcohol nonil fenol

etoxilado) utilizado en la zona de estudio y en cultivos de arroz en Colombia, un testigo sin adición de coadyuvante y un testigo absoluto (no tratado) (Tabla 2).

Para determinar la cantidad de producto por tratamientos se tuvo en cuenta la dosis comercial de 216 g ia ha⁻¹ de cihalofop -butil. Igualmente se seleccionaron los puntos fijos de muestreo.

Tabla 2. Tratamientos evaluados del ingrediente activo cihalofop-butil con y sin coadyuvante

ID tratamiento	Coadyuvante	Producto comercial	Dosis
T1 (gris)	Lecitina de soya	Biofusion	1x (15 ml)
T2 (amarillo)	Lecitina de soya	Biofusion	2x (6 ml)
T3 (violeta)	Aceite mineral	Aceite mineral	1x (20 ml)
T4 (amarillo)	Aceite mineral	Aceite mineral	2x (30 ml)
T5 (azul)	Metil oleato y metilpalmitato	Dash ®	1x (2,4 ml)
T6 (verde)	Metil oleato y metilpalmitato	Dash ®	2x (4 ml)
T7 (rojo)	Alcohol nonil fenol etoxilado	Potenzon ®	1x (4 ml)
T8 (sin color)			

La dosis de cihalofop-butil fue la misma para todos los tratamientos: 12 ml

Solución total por parcela (dosis del herbicida+ dosis del coadyuvante+ agua) hasta completar 2 L por cada aplicación.

1.4.3 Análisis estadístico

Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones para cada tratamiento. Se realizaron cuatro muestreos, el primer muestreo cuatro (4) días después de la aplicación (DDA), el segundo a los ocho (8) DDA, el tercero a los doce días (12) DDA y el último a las (15) DDA. Se utilizaron cuadros fijos de muestreo con una área de 0,25 m² por cada tratamiento.

Las variables evaluadas para conocer el efecto de los tratamientos en el control de las malezas fueron: densidad de la maleza (contando número de individuos presentes), control (evaluando sintomatología: decoloración, clorosis, marchitamiento de la planta, muerte y rebrote) expresada en porcentaje (con respecto al testigo no tratado) y daño al cultivo (evaluación de fitotoxicidad).

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de determinar la significancia del producto en el control de malezas gramíneas y

adicionalmente comparar el porcentaje de control con la escala descrita por ALAM (Tabla 3). Se tuvo en cuenta los principales grupos de malezas eudicotiledóneas y monocotiledóneas, en este grupo en especial *Echinochloa sp.*

Tabla 3. Escala para la evaluación del porcentaje de control de malezas (ALAM, 1974).

Índice (%)	Grado de control
0-40	Ninguno a pobre
41-60	Regular
61-70	Suficiente
71-80	Bueno
81-90	Muy Bueno
91-100	Excelente

1.5 Resultados

El muestreo previo de reconocimiento dio como resultado síes (6) especies de malezas entre anuales y perennes: *Echinochloa colona* (liendre de puerco), *Ischaemum rugosum* (falsa caminadora), *Digitaria sanguinalis* (guarda rocío), *Eleusine indica* (pata de gallina), *Cyperus rotundus* (coquito) y *Murdannia nudiflora* (piñita).

Efecto de la aplicación de cihalofof-butil para el control de malezas.

Con referencia al grupo de malezas objetivo, se pudo evidenciar un efecto positivo en el control de gramíneas (a excepción de *I. rugosum*) con las aplicaciones de cihalofof-butil, comparado con el testigo absoluto (sin aplicación del herbicida), dando como resultado disminuciones en la densidad de un 36% a los 4DDA y 79,4% a los 15DDA. Igualmente se evidenció una baja densidad de especies de la familia Cyperaceae y de algunas especies eudicots (Figura 3, Anexo A).

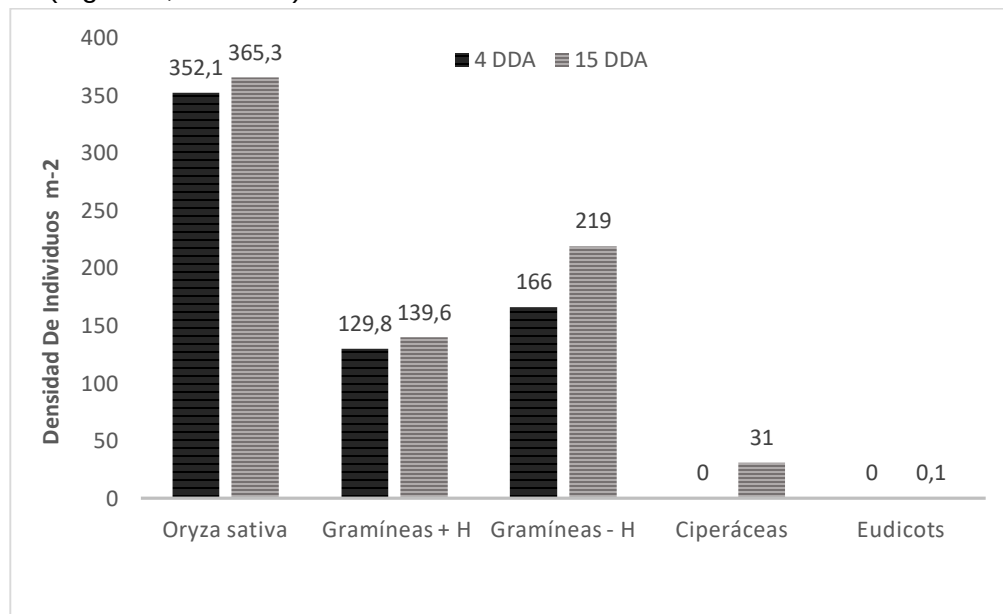


Figura 3. Densidad de malezas en cultivo de arroz a los 4DDA y 15DDA. Gramíneas + H: efecto de la aplicación de cihalofof-butil. Gramíneas – H: sin aplicación del herbicida.

Los análisis de varianza indicaron que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos establecidos en el diseño experimental (datos no mostrados) para ningún control durante los cuatro periodos evaluados. No obstante, se destaca el tratamiento seis T6: cihalofof-butil + metil oleato y metilpalmitato a mayor dosis (4ml de Dash®) debido a que mostró mejor eficacia, al presentar la menor densidad de gramíneas durante los muestreos realizados y hasta un 10% más de control vs los otros tratamientos durante los primeros muestreos (Tabla 4, Anexo 1).

Tabla 4. Densidad de gramíneas por efecto de los tratamientos en los cuatro momentos de evaluación.

Muestreo	Tratamiento	Densidad (ind m ⁻²)	DE	Significancia
4DDA	T1	149.60	62.84	a
	T2	135.20	88.00	a
	T3	126.40	72.25	a
	T4	144.00	76.90	a
	T5	144.80	75.30	a
	T6	108.00	53.75	a
	T7	153.60	70.91	a
	T8	134.40	105.70	a
8DDA	T1	144.00	57.02	a
	T2	107.20	72.64	a
	T3	106.40	75.77	a
	T4	117.60	74.41	a
	T5	119.20	71.64	a
	T6	98.40	58.63	a
	T7	156.00	73.12	a
	T8	116.80	72.64	a
12DDA	T1	170.40	57.08	a
	T2	149.60	78.43	a
	T3	127.20	68.35	a
	T4	152.00	61.03	a
	T5	162.40	57.97	a
	T6	124.00	44.65	a
	T7	159.20	62.48	a
	T8	140.80	58.48	a
15DDA	T1	168.00	57.36	a
	T2	160.00	71.91	a
	T3	140.00	70.45	a
	T4	157.60	58.41	a
	T5	168.80	53.90	a
	T6	133.60	47.81	a
	T7	167.20	60.18	a
	T8	148.80	55.45	a

DE: Desviación estándar. T1: Lecitina de soya a 1x; T2: Lecitina de soya a 2x; T3: Aceite mineral a 1x; T4: Aceite mineral a 2x; T5: Metil oleato y metil palmitato a 1x; T6: Metil oleato y metil palmitato a 2x; T7 Alcohol nonil fenol etoxilado (testigo comercial); T8: testigo absoluto

Efecto de Cihalofof- butil con diferentes tipos y dosis de coadyuvante en el control de gramíneas.

Estadísticamente no se encontró significancia entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, se logró observar controles máximos de 59% y 57% hasta los 8 DDA, y mínimos de 47% y 38% a los 15 DDA, correspondientes a los tratamientos T2: cihalofof-butil + lecitina de soya (6 ml de Biofusion®), T6: cihalofof-butil + metil oleato y metilpalmitato (4 ml de Dash®) ambos coadyuvantes con una dosis mayor a la recomendada (Tabla 3). Cabe mencionar que a partir del tercer muestreo 12 DDA, se observó una relación inversa entre el porcentaje de control y el tiempo transcurrido, posiblemente al tiempo de residualidad del producto utilizado y el riego aplicado.

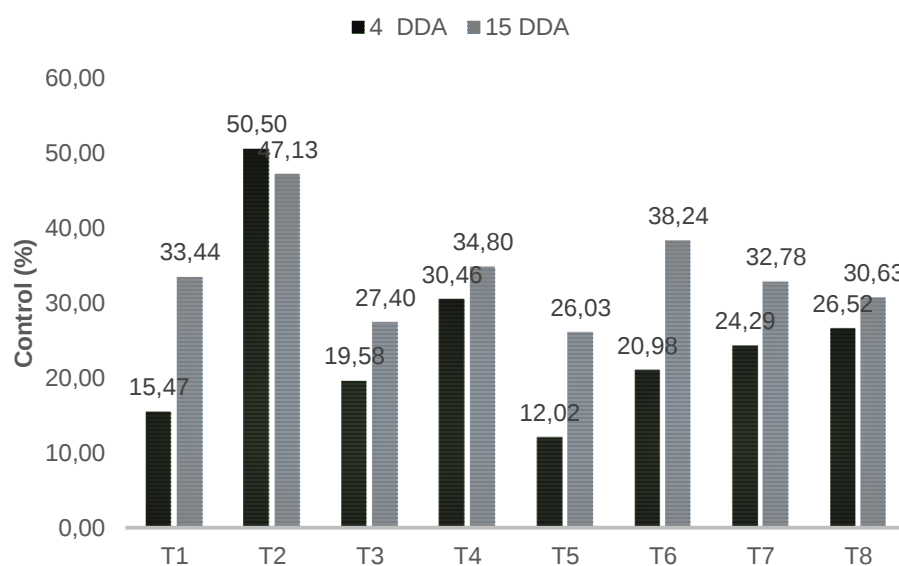


Figura 4. Control de gramíneas expresado en porcentaje, durante el periodo evaluado para el herbicida cihalofof-butil en mezcla con tres coadyuvante a dos dosis utilizadas. T1: Lecitina de soya a 1x; T2: Lecitina de soya a 2x; T3: Aceite mineral a 1x; T4: Aceite mineral a 2x; T5: Metil oleato y metil palmitato a 1x; T6: Metil oleato y metil palmitato a 2x; T7 Alcohol nonil fenol etoxilado (testigo comercial); T8: testigo absoluto

Tabla 5. Efecto de los tratamientos en la población de gramíneas según herbicida, coadyuvante y dosis de coadyuvante en los primeros 15 días de evaluación.

Muestreo	Tratamientos con coadyuvantes		Testigo absoluto	Control (%)	DE	Significancia
	ID	Densidad (ind m ⁻²)	Densidad (ind m ⁻²)			
4DDA	T1	9.3	9.5	15.5	19.2	b
	T2	6.8	15.0	50.5	22.4	a
	T3	7.8	8.5	19.6	30.9	b
	T4	8.3	12.0	30.5	22.4	ab
	T5	9.6	7.0	12.0	22.1	b
	T6	6.5	7.8	21.0	27.2	b
	T7	9.3	10.8	24.3	30.2	ab
	T8	7.4	12.5	26.5	31.3	ab
8DDA	T1	8.3	11.8	31.8	20.9	a
	T2	5.2	12.8	58.9	17.5	a
	T3	5.9	9.8	33.5	33.1	a
	T4	6.4	11.3	46.4	24.7	a
	T5	6.9	9.5	37.9	36.6	a
	T6	4.9	11.3	57.0	22.4	a
	T7	8.3	15.8	46.6	24.9	a
	T8	6.1	12.0	40.4	31.3	a
12DDA	T1	9.7	14.5	32.2	21.5	a
	T2	7.6	16.5	50.4	23.7	a
	T3	7.3	10.5	25.5	29.3	a
	T4	8.7	12.8	34.5	22.9	a
	T5	9.6	12.3	25.6	26.5	a
	T6	6.7	12.0	42.9	17.5	a
	T7	8.9	14.3	35.8	28.5	a
	T8	7.8	12.8	35.0	24.1	a
15DDA	T1	9.5	14.5	33.4	21.9	a
	T2	8.3	16.8	47.1	20.4	a
	T3	7.9	12.3	27.4	29.5	a
	T4	8.9	13.5	34.8	20.9	a
	T5	9.9	13.0	26.0	22.7	a
	T6	7.4	12.3	38.2	20.9	a
	T7	9.4	14.5	32.8	27.8	a
	T8	8.4	12.8	30.6	22.6	a

ID: Identificación del tratamiento; DE: Desviación estándar. T1: Lecitina de soya a 1x; T2: Lecitina de soya a 2x; T3: Aceite mineral a 1x; T4: Aceite mineral a 2x; T5: Metil oleato y metil

palmitato a 1x; T6: Metil oleato y metil palmitato a 2x; T7 Alcohol nonil fenol etoxilado (testigo comercial): T8: testigo absoluto

La evaluación de fitotoxicidad por dosis de coadyuvante superiores a las recomendadas, presentaron un resultado negativo, dado que no se observó ningún síntoma de toxicidad en las tres macollas evaluados por cada tratamiento.

1.6 Discusión

Se puede considerar que las aplicaciones de cihalofop- butil a dosis comercial (216 g ia ha⁻¹), presentaron un buen control de malezas (79,4 %) de acuerdo a la escala ALAM, siendo estos datos similares a los documentados por Esqueda y Tosquy (2004) con un control del 64% a una dosis de 225 g ia ha⁻¹. El ingrediente activo cihalofop-butil perteneciente a la familia química ariloxifenoxipropianatos (FOPs), inhibidores de la ACCasa, utilizado para el control selectivo en post-emergencia de especies gramíneas en algunos cultivos eudicots y de cereales como en el cultivo de arroz (Jo y Pia, 2000; Anzalone, 2007; Zimdahl, 2007; Al-Khatib, 2020).

Diferentes autores concuerdan que la efectividad del producto varía según la dosis de aplicación; a mayor dosis mayor control y viceversa. Se han documentado controles hasta de 91% y 100% con aplicaciones de 315 y 360 g ia ha⁻¹ respectivamente, aunque la dosis también puede reducirse a 150 a 200 g ia ha⁻¹ cuando la maleza está en estado plántula (Ntanos *et al.*, 2000; Esqueda y Tosquy 2004; 2009).

Aunque el análisis de varianza no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos, se logró observar una dimisión en la densidad de malezas, cuyos tratamientos presentaban aplicaciones con una dosis mayor de coadyuvante a la recomendada comercialmente. Como se mencionó anteriormente, estos resultados se presentaron en los tratamientos con aplicaciones de lecitina de soya (Biofusion®) y Metil oleato + metil palmitato (Dash®). Estos coadyuvantes se caracterizan por reducir la tensión superficial, aumentar la superficie de mojado, aumentar la absorción del producto a través de la cutícula, y disminuir las pérdidas del producto por deriva, aspectos importantes en el control de especies con hojas cerosas como es el caso de las gramíneas (Caselay *et al.*, 1993; Altuna *et al.*, 2010).

Aunque hasta el momento no se ha documentado los beneficios o la eficacia de la aplicación de cihalofop- butil en mezcla con estos dos tipos de coadyuvantes para el control de gramíneas, en la presente investigación los controles no mostraron diferencias significativas sin embargo un posible aumento en la cantidad del coadyuvante y si la dosis de Cihalofop- butil es igual o mayor a 315 g ia ha⁻¹ es posible un aumento en el índice de control, dado que se ha documentado efectos muy positivos, con porcentajes de control de 75% ,79% y hasta de un 100% cuando es combinado con Imazetapir Plus , Kifix y Dash ® a una dosis de 0,5 L ha⁻¹ (Mariot *et al.*, 2015)

En cuanto a la relación inversa entre el control y el tiempo transcurrido que se observó a partir del tercer muestreo y teniendo en cuenta los resultados documentados por Esqueda y Tosquy (2013), se puede decir que este comportamiento se debe al tiempo que tarda el ingrediente activo en controlar las malezas, al tipo de coadyuvante utilizado y a factores climáticos como intensidad de luz, viento y precipitaciones que intervienen en la eficiencia del producto.

En cuanto a la respuesta de la especie *I. rugosum* al ingrediente activo evaluado (datos no mostrados debido al bajo o nulo control), puede deberse a la dificultad en el control que ha venido presentándose en campo (comunicación personal Ingeniero Baldomero Puentes, Fedearroz). Para esta especie se ha reportado resistencia a diferentes herbicidas con diferentes modos de acción, como inhibidores de ALS (acetolactato sintetasa), inhibidores del fotosistema I y fotosistema II, e inhibidores de la ACCasa (Heap, 2020), siendo este último el mecanismo de acción del cihalofop-butil. Igualmente, se ha encontrado resistencia en menor medida de *E. colona* a este mismo ingrediente activo, debido a la degradación acelerada que genera en el complejo enzimático del p450 monoxigenasa (Zambrano *et al.*, 2009; Torres y Ortiz, 2017). Estos reportes son importantes porque permiten entender la evolución que pueden tener las malezas por la presión de selección de los herbicidas y las fallas en el control químico.

Por otra parte, también se evidenció una disminución en la densidad de individuos de la familia cyperaceae (datos no mostrados), debido al control previo que se realizó en el lote con aplicaciones de Basagran® SL (1,5 L ha⁻¹) con ingrediente activo bentazón, que es comúnmente utilizado para el control de este grupo de malezas. El mecanismo de acción de este ingrediente activo es inhibir la fotosíntesis, específicamente en el fotosistema II al unirse a las proteínas D1 de este complejo, bloqueando el transporte de electrones, deteniendo la fijación de CO₂ y la producción de energía necesaria para el crecimiento de las plantas (Anzolone, 2007; Zimdahl, 2007).

Conclusiones

Las aplicaciones de cihalofop-butil presentaron un buen control según la escala de evaluación de ALAM, con controles hasta de un 79%.

Las adiciones de los diferentes agentes penetrantes en mezcla con el herbicida utilizado, presentaron controles entre 12% y 59%, donde se observó una disminución en la densidad de malezas en aquellos tratamientos a los cuales se aplicó una dosis superior a la recomendada, independientemente del tipo de coadyuvante utilizado.

No se evidenció síntomas de toxicidad en las plantas evaluadas, indicando que aplicaciones de cihalofop-butil a una dosis de 216 g ia ha⁻¹.

Se recomienda evaluar la efectividad de cihalofop-butil a dosis superiores a las evaluadas en este estudio bajo las mismas condiciones ambientales.

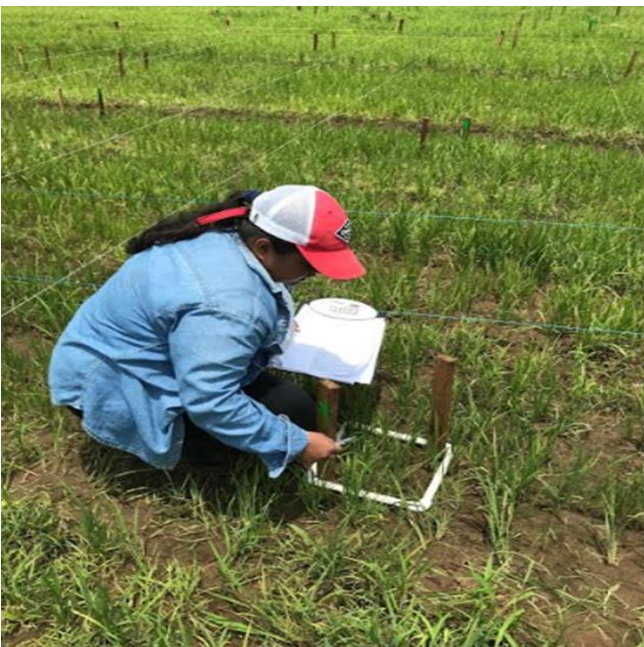
A. Anexo: Densidad de ciperáceas y eudicots por efecto de los tratamientos en los cuatro momentos de evaluación

Muestreo	Tratamiento	Ciperáceas		Dicotiledóneas	
		Promedio	DE	Promedio	DE
4 DDA	T1	0.00	0.00	0.10	0.44
	T2	0.00	0.00	0.05	0.22
	T3	0.00	0.00	0.00	0.00
	T4	0.00	0.00	0.00	0.00
	T5	0.00	0.00	0.00	0.00
	T6	0.00	0.00	0.00	0.00
	T7	0.00	0.00	0.00	0.00
	T8	0.00	0.00	0.00	0.00
8 DDA	T1	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2	0.00	0.00	0.05	0.22
	T3	0.00	0.00	0.00	0.00
	T4	0.00	0.00	0.05	0.22
	T5	0.00	0.00	0.05	0.22
	T6	0.00	0.00	0.00	0.00
	T7	0.00	0.00	0.10	0.30
	T8	0.00	0.00	0.05	0.22

(Continuación)

Muestreo	Tratamiento	Ciperáceas		Dicotiledóneas	
		Promedio	DE	Promedio	DE
12 DDA	T1	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2	13.60	52.40	0.00	0.00
	T3	0.00	0.00	0.00	0.00
	T4	0.80	3.49	0.05	0.22
	T5	1.60	6.97	0.05	0.22
	T6	0.00	0.00	0.00	0.00
	T7	0.00	0.00	0.25	0.62
	T8	0.00	0.00	0.10	0.30
15 DDA	T1	31.20	30.97	0.10	0.44
	T2	29.60	38.62	0.05	0.22
	T3	42.40	31.71	0.00	0.00
	T4	24.00	25.55	0.35	1.53
	T5	40.80	50.72	0.05	0.22
	T6	29.60	32.11	0.00	0.00
	T7	15.20	25.03	0.25	0.77
	T8	35.20	47.08	0.25	1.77

B. Anexo: Delimitación de parcelas por tratamiento, muestreo y aplicación.



BIBLIOGRAFÍA

- ACPA. (2014). El arroz: origen. Asociación argentina de cultivadores de arroz. <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/PAGINAS/ELARROZ.SW>.
- ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas). (1974). Resumen del panel de métodos de evaluación de control de malezas en Latinoamérica. Revista de la Asociación Latinoamericana de Malezas. pp.6-38.
- Alfonso, M. J. Ponsa y Ferraris G. (2004). Utilización del coadyuvante siliconado como activador de glifosato sobre el control de malezas en soja de primera en siembra directa. Revista de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Pergamino, IX (26):41-43.
- Al-Khatib, K. 2020. Herbicide Symptoms. Photosystem II Inhibitors. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Recuperado en 13 de mayo de 2020, de: http://herbicidesymptoms.ipm.ucanr.edu/MOA/Photosystem_II_Inhibitors/#.
- Altuna, B., Bueno, G., de Villegas, M. E. D., Bell, A., Gastón, C., Torres, E., & Pérez, Y. (2010). Efecto de diferentes adyuvantes en la eficiencia del bioherbicida HERBIO sobre hojas de *Bidens pilosa* L.(Romerillo). ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 43(1), 35-39.
- Anzalone, A. (2007). Herbicidas - modos y mecanismos de acción en plantas. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Departamento de Fitotecnia. 80 p.
- Caseley, J. C., Wilson, B. J., Watson, E., & Arnold, G. (1993). Enhancement of mechanical weed control by sub-lethal doses of herbicide. In *Proceedings of the 8 th EWRS Symposium* (pp. 357-364).
- Esqueda Esquivel, V., & Tosquy Valle, O. H.(2004) Efecto de cihalofop-butilo en el control de malezas gramíneas anuales en arroz de temporal. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 15(2): 173-178. Doi: 10.15517/am.v15i2.11897
- Esqueda Esquivel, V. A., & Tosquy-Valle, O. H. (2009). Alternativas al propanil para controlar *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de temporal. agronomía mesoamericana, 20(1), 111-119. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711514012.pdf>
- Esqueda Esquivel, Valentín A., & Tosquy-Valle, Oscar Hugo. (2013). Control químico de *Echinochloa colona* (L.) Link resistente al propanil y *Cyperus iria* L. en arroz

- (*Oryza sativa* L.) de temporal en Tres Valles, Veracruz. Universidad y Ciencia, 29(2), 113-121. Recuperado en 02 de febrero de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792013000200002&lng=es&tlng=es
- Fedearroz (2007). Resultados del III Censo Nacional Arroceros. Federación Nacional de Arroceros. Bogotá, Colombia. Fecha de publicación febrero 2008. Recuperado de: http://www.fedearroz.com.co/doc_economia/Censo%20III%20-%20Libro%20General%2006%20marzo%202008.pdf
- Fedearroz. (2014). Manejo integrado del cultivo de arroz. Federación Nacional de arroceros. Produmedios. Bogotá. 566 p.
- Gronwald J. (1994). Herbicides inhibiting acetyl-CoA carboxylase. Biochemical Society Transactions, 22 (3): 616-621. DOI: 10.1042/bst0220616.
- Jo, U.S. y Piao, R.z. (2000) selective mode of action of cyhalofop-butyl in rice and barnyardgrass species. Kor. J.Weed Sci. 20 (2):149-157.
- Konishi, T y Sasaki. Y (1994). Compartmentalization of two forms of acetyl-CoA carboxylase in plants and the origin of their tolerance toward herbicides. Proc. Natl Acad. Sci. USA 91, 3598-3601.
- Mercado, B.L y R.L. Talatala. (1977). Competitive ability of *Echinochloa colonum* L. against direct-seeded lowland rice. Proceedings of the 6th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Indonesia 1, 161-165.
- Mariot, C. H. P., Bundt, A. D. C., & Rubin, R. S. (2015) CLINCHER® NO CONTROLE DE CAPIM-ARROZ RESISTENTE A IMIDAZOLINONAS NO LITORAL NORTE DO RS. Pp 4 Recuperado de <http://cbai2015.com.br/docs/trab-2-2555-218.pdf>
- Ntanos, D. A., Koutrubas, S.D., & Mavrotas, C.(2000). Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in water-seeded rice (*Oryza sativa*) with cyhalofop-butyl. Weed Technol. 14:383-388
- (2) (PDF) Efecto de cihalofop-butilo en el control de malezas gramíneas anuales en arroz de temporal. Available from: https://www.researchgate.net/publication/26507510_Efecto_de_cihalofop-butilo_en_el_control_de_malezas_gramineas_anuales_en_arroz_de_temporal
- Neve, M., Barney J., Buckley Y., Cousens R.,Graham S., Jordan N., Lawton-rauh A.,Liebman M., Mesgaran M., Schut M., Shaw J., Storkey J., Baraibar B., Sbacom R., Chalak M., Zchids D., Christensen S., Eizenberg H., Fernandez-Quintanilla C., Sønderskov M y Williams M. (2018). Reviewing Research Priorities

-
- in Weed Ecology, Evolution and Management: A Horizon Scan. Weed Research 58(4): 250–58.
- Pincirolì, M., Ponzio, N., Salsamendi, M. (2015). 1a ed. El arroz: alimento de millones. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil. Capítulo 1, 9-23.
- Quintero, G. (1999). Formulación de plaguicidas. Rhone-Poulenc Agro Colombia Ltda, Bogotá.
- Ramírez S., Hoyos C y Plaza T. G. (2015). Phytosociology of weeds associated with rice crops in the department of Tolima, Colombia. Agron Colomb. 33:64–73. doi:10.15446/agron.colomb.v33n1.46747.
- Singh V., Zhou S., Ganie Z., Valverde B., Avila L., Marchesan E., Merotto A., Zorrilla G., Burgos N., Norsworthy J., *et al.* (2017). Rice Production in the Americas. In: Chauhan BS, Jabran K, Mahajan G, editors. Rice Production Worldwide. p. 168.
- Torres, S., & Ortiz, A. (2017). Mecanismos de resistencia de paja rugosa (*Ischaemum rugosum* Salisb.) al herbicida bispiribac-sodio en el cultivo de arroz. Bioagro, 29(2), 95-104.
- Zimdahl, R.L. (2007). Fundamentals of Weed Science. 3rd Edition. Elsevier. 399-403 pp.
- Zambrano, C. y H. Espinoza. 2005. Evaluación de la resistencia de biotipos de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida bispiribac sodio provenientes de campos arroceros de los estados Portuguesa y Guárico. Anales de Botánica Agrícola 12: 5-12

