



**EVALUACIÓN DE LA SELECTIVIDAD DE UN COMPUESTO HETEROCÍCLICO  
DERIVADO DEL ÁCIDO 2-FORMILBENZOICO, COMO HERBICIDA EN UN  
CULTIVO DE PASTO PELUDO (*Brachiaria decumbens*) EN ETAPAS DE PRE  
Y POST EMERGENCIA BAJO CONDICIONES SEMI-CONTROLADAS.**

**GLEIDY YULIANA DAGUA YULE  
LEIDI PAOLA MATAMOROS MOLINA**

**DIRECTOR  
M.Sc. FABIÁN GIOVANNY MÁRQUEZ NIÑO**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERÍA AGRONÓMICA  
FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA**

**2023**



**EVALUACIÓN DE LA SELECTIVIDAD DE UN COMPUESTO HETEROCÍCLICO  
DERIVADO DEL ÁCIDO 2-FORMILBENZOICO, COMO HERBICIDA EN UN  
CULTIVO DE PASTO PELUDO (*Brachiaria decumbens*) EN ETAPAS DE PRE  
Y POST EMERGENCIA BAJO CONDICIONES SEMI-CONTROLADAS.**

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**DIRECTOR**

**M.Sc. FABIÁN GIOVANNY MÁRQUEZ NIÑO**

**CODIRECTOR**

**M.Sc. KAROL DE LOS ANGELES LIZARAZO HERNANDEZ**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERÍA AGRONÓMICA  
FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA**

**2023**



## TABLA DE CONTENIDO

1. Dedicatoria .....	7
2. Agradecimientos .....	7
3. Resumen.....	9
4. Abstract .....	11
5. Introducción.....	12
6. Planteamiento del problema.....	13
7. Justificación.....	15
8. Objetivos .....	16
8.1 Objetivo General .....	16
8.2 Objetivos específicos .....	16
9. Marco referencial .....	17
9.1 Marco Teórico .....	17
9.1.1 Taxonomía.....	17
9.1.2 Características Morfológica del pasto B. decumbens.....	17
9.1.3 Adaptación y Origen .....	18
9.1.4 Análisis de crecimiento. ....	18
9.1.5 Herbicidas con núcleo de Imidazolinona.....	19
9.1.6 Herbicidas con núcleo de Ftalilos (Isobenzofuranonas).....	20
9.1.7 Principios de selectividad de Herbicidas .....	21
9.1.8 Factores para determinar la selectividad. ....	21
10. Marco conceptual .....	23
10.1 Marco legal .....	24
11. Metodología.....	26



11.1	Ubicación y características agro-climatológicas.....	26
11.2	Diseño experimental .....	26
11.3	Ensayos.....	27
11.3.1	Pre-emergencia.....	26
11.3.2	Pos-emergencia .....	28
11.4	Metodología.....	27
11.4.1	Preparación de los bloques.....	27
11.4.2	Siembra.....	26
11.4.3	Pre-emergencia.....	27
11.4.4	Aplicación primera fase (Pre-emergencia .....	26
11.4.5	Aplicación segunda fase (pos-emergencia). .....	28
11.4.6	Fertilización .....	28
11.4.7	Toma de datos. ....	29
11.4.7.1	Pre-emergencia. ....	29
11.4.7.1.1	Porcentaje de Cobertura en el Pasto y Arvenses .....	27
11.4.7.1.2	Fitotoxicidad en el Pasto y Arvenses. ....	28
11.4.7.2	Post-emergencia.....	32
11.4.7.3	Análisis de crecimiento .....	29
11.4.7.3.1	Medidas directas para el pasto y arvenses.....	30
11.4.7.3.1.1	Altura.....	30
11.4.7.3.1.2	Masa seca para el pasto y arvenses. ....	30
11.4.7.3.1.3	Área foliar para el pasto .....	30
11.4.7.3.1.4	Eficiencia de control .....	30
□	Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	34



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA



<input type="checkbox"/>	Tasa de asimilación neta (TAN) .....	34
<input type="checkbox"/>	Duración de área foliar (DAF).....	34
<input type="checkbox"/>	Área foliar específica (AFE).....	34
12	Resultados y discusión.....	34
12.1	% de cobertura de arvenses .....	34
15	Conclusiones.....	55
	Recomendaciones.....	56
	Bibliografía .....	57



## Listado de tablas

Tabla 1. Identificación de escala de fitotoxicidad en pasto.....	38
Tabla 2. Identificación de escala de fitotoxicidad en arvenses .....	41
Tabla 3. Intervalos de tiempo (Días) y valores promedios calculados.....	54

## Tabla de Cuadros

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de <i>Brachiaria decumbens</i> .....	17
Cuadro 2. Información legal acerca del uso de plaguicidas en Colombia .....	24
Cuadro 3. Distribución de tratamientos .....	27
Cuadro 4. Sistema de calificación del Consejo Europeo de Investigación de Malezas (EWRC).....	29
Cuadro 5. Índices de crecimiento empleados en Fisiología Vegetal y de cultivos.	31



## 1. DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios, a la madre naturaleza por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dando ejemplo de superación y humildad, lo cual me ha permitido llegar a este punto de mi carrera a todos ellos dedico el presente trabajo por que han inculcado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida, a mis padres por su apoyo y esfuerzo en este caminar de sabiduría, a mi hermana que me acompaño en todo este proceso brindándome su apoyo incondicional, finalmente agradezco a todas las personas que de una u otra forma han contribuido en este sueño para ser Ingeniera Agrónoma.

*Gleidy Yuliana Dagua Yule*

Dedico este trabajo primero que todo a Dios, quien guía mi sabiduría en todo instante y quien me dio el entendimiento para continuar con este hermoso proceso, permitiéndome culminar con lo soñado alguna vez, a mi querida madre quien es la inspiración en mi vida, además es la persona cuyas palabras me animaban en cada instante. También en el caminar de este proceso agradezco a todas aquellas personas que me impulsaron y acompañaron durante esta etapa, dejando enseñanzas y aprendizajes, además de ser propulsores para llegar a esta meta, y por último quiero resaltar a mis queridos profesores, aquellos que nos inspiran hacer mejores, sumando retos nuevos a nuestra vida profesional gracias.

*Leidi Paola Matamoros Molina*



## 2. AGRADECIMIENTOS

Primero que todo queremos extender nuestro agradecimientos a Dios y a la madre naturaleza, por brindarnos la sabiduría, la paciencia y la fortaleza para estar culminado este proyecto tan importante para nuestras vidas profesionales, por otra parte queremos agradecer a nuestras familias que son la base de nuestro caminar así la superación, la cual nos han brindado todo su apoyo que es tan fundamental para estar culminado de la mejor manera posible este trabajo, a los profesores y compañeros que de una u otra manera han aportado un granito de arena para estar haciendo esto realidad. Un agradecimiento también muy especial al semillero de investigación Agrobiología Tropical -ABT, por brindarnos el espacio, los conocimientos y los recursos necesarios para llevar cabo esta investigación, especialmente queremos agradecer a los docentes Fabián Márquez Niño nuestro director de tesis y al docente Karol Lizarazo Hernández codirector de tesis, por todo el apoyo posible, poniendo su conocimiento y tiempo a nuestra disposición y de esta manera contribuir a nuestro aprendizaje. Finalmente damos un agradecimiento a nuestra casa de enseñanza la Universidad de Cundinamarca quien nos abrió las puertas y nos dio la oportunidad de aprender, enseñar y poner en práctica nuestros conocimientos, siempre estaremos agradecidas con nuestra alma maternas por refugiarnos en sus saberes.

### 3. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se evaluó la selectividad y toxicidad de la molécula de un compuesto heterocíclico, derivado del ácido 2-formilbenzoico sintetizado por la Universidad Nacional de Colombia, como herbicida selectivo en un cultivo de pasto peludo (*Brachiaria decumbens*) en etapas de pre y post-emergencia, bajo condiciones semi-controladas en la Unidad agroambiental “La Esperanza” de la Universidad de Cundinamarca, localizada en el municipio de Fusagasugá, vereda Guavio bajo. Se utilizó un diseño experimental de cuatro bloques completos al azar con cuatro sub-muestras, utilizando dos concentraciones de la molécula como tratamientos: T1) 250 g, T2) 300 g, T3) 2.4 g de un producto comercial Afalon® (Linuron 50%) y 40 ml del testigo absoluto Brake trhu® en 1.6 L de agua por tratamiento. Se determinó la altura; porcentaje de cobertura y fitotoxicidad del pasto peludo y de las arvenses en las etapas de pre y post-emergencia, cada ocho días durante seis semanas. Asimismo, en la etapa de post-emergencia se evaluaron los índices de crecimiento del cultivo: altura, biomasa seca total, área foliar, tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), duración de área foliar (DAF), área foliar específica (AFE), la eficiencia de control (WCE) y el índice de control (WCI) a los 40 y 48 días después de la siembra.

Para realizar el análisis estadístico, se realizaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad de varianzas para porcentaje de cobertura de pastos y arvenses. De igual forma se hicieron comparaciones de pares entre las medias de los tratamientos utilizando el procedimiento de Conover. Encontrando mayor porcentaje de cobertura para el tratamiento testigo (T4) y para las moléculas en estudio un comportamiento intermedio con el Afalon, pero para la molécula a más alta dosificación (T2: 300 g/ha; 13,25% de cobertura), por otro lado la variable del grado de fitotoxicidad en preemergencia para el pasto, se observan diferencias numéricas a partir de los 16, 40 y 48 DDS, donde el Afalón presentó mayor grado de toxicidad tanto para pasto como para las arvenses, por último la eficiencia de control para arvenses, en etapa de pos-emergencia a los 40 y 48, se observó que a los 40 DDS



la molécula a más baja dosificación, es muy poca en comparación al T2, sin embargo, para los 48 DDS, se observa una mayor eficiencia en el control por parte del T1 (52%), mientras que el tratamiento de 300 g/ha se mantiene estable en 42%.

**Palabras clave:** Arvenses, Efectividad, Fitotoxicidad, Herbicida, Selectividad, Pasto.

#### 4. ABSTRACT

This research work evaluated the selectivity and toxicity of a heterocyclic compound molecule, derived from 2-formylbenzoic acid synthesized by the National University of Colombia, as a selective herbicide in a crop of hairy bentgrass (*Brachiaria decumbens*) in pre- and post-emergence stages, under semi-controlled conditions in the agro-environmental unit "La Esperanza" of the University of Cundinamarca, located in the municipality of Fusagasugá, Guavio bajo. An experimental design of four randomized complete blocks with four subsamples was used, using two concentrations of the molecule as treatments: T1) 250 g, T2) 300 g, T3) 2.4 g of a commercial product Afalón® (Linuron 50%) and 40 ml of the absolute control Brake trhu® in 1.6 L of water per treatment. The height, percent cover and phytotoxicity of hairy bentgrass and weeds were determined in the pre- and post-emergence stages, every eight days for six weeks. Also, in the post-emergence stage, crop growth indices were evaluated: height, total dry biomass, leaf area, relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area duration (DAF), specific leaf area (SLA), control efficiency (WCE) and control index (WCI) at 40 and 48 days after planting. For the statistical analysis, normality and homoscedasticity of variance tests were performed for the percentage of cover of grasses and weeds, and pairwise comparisons were made between the means of the treatments using the Conover procedure. A higher percentage of coverage was found for the control treatment (T4) and for the molecules under study an intermediate behavior with Afalón, but for the molecule at the highest dosage (T2: 300 g/ha; 13.25% coverage), on the other hand, the variable of the degree of phytotoxicity in pre-emergence for grass, numerical differences are observed from 16, 40 and 48 DDS, where Aphalon presented a higher degree of toxicity for both grass and weeds, finally the control efficiency for weeds, Finally, the control efficiency for weeds in the post-emergence stage at 40 and 48 DDS showed that at 40 DDS the molecule at the lowest dosage was very low compared to T2; however, at 48 DDS, a higher control efficiency was observed for T1 (52%), while the treatment of 300 g/ha remained stable at 42%.

**Keywords:** Weeds, Effectiveness, Phytotoxicity, Herbicide, Selectivity, Pasture.

## 5. INTRODUCCIÓN

Colombia presenta recursos forrajeros muy abundantes, debido a la variedad de pisos térmicos con los que cuenta; es así, que la producción de especies forrajeras se enfoca principalmente en la actividad ganadera, pero debido al desconocimiento de los ganaderos no son muy bien aprovechadas, considerando que este sector se encuentra en constante crecimiento por lo cual tiene la necesidad de buscar otras alternativas para poder suplir sus propósitos (Boschini, C, Dormond, H., & Castro, 2000). De esta manera es importante que las especie forrajeras cuenten con las siguientes características: planta perenne, tenga rebrote fácil, buena adaptación al clima, fácil establecimiento, alta producción de materia seca, resistencia a enfermedades y plagas, además de poseer la capacidad de competir con otras plantas no deseadas presentes en el cultivo (Cardona *et al.*, 2012). Por lo tanto, en la fase de establecimiento de la especie forraje, es necesario implementar estrategias que permitan el control de malezas, las cuales permiten garantizar el éxito del cultivo, pero en muchas ocasiones, las malezas poaceas son el principal problema, puesto que no existen herbicidas registrados que las controlen, sin que estos dañen al pasto en desarrollo (Smith y Martin, 2017). Es así que los herbicidas permiten la posibilidad de elegir cuando y como controlar a las malas hierbas, en donde el margen de uso va desde la preemergencia hasta la post-emergencia en los cultivos, no obstante, se encuentra un número de herbicidas los cuales son activos frente a cualquier tipo de planta, hoy en día los más importantes son los herbicidas específicos, capaces de controlar a las malas hierbas en un amplio espectro sin que afecte a los cultivos a los cuales se les realiza la aplicación; por lo tanto es tan importante la selectividad que estos puedan tener, dado que esta puede ser física o química, en donde esta última, es en consecuencia de las diferencias genéticas existentes entre distintas especies vegetales, además de que un herbicida se obtiene de un producto químico, el cual inhibe o interrumpe el crecimiento y desarrollo de una planta (Jäger, 1983).

## 6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las arvenses son aquellas plantas indeseables que crecen a la vez con el cultivo establecido, en donde estas arvenses ocasionan problemas en el rendimiento y producción del cultivo, llevando a pérdidas económicas, es así, como el agricultor busca estrategias que le permitan mantenerlas controladas. Para este control se suelen utilizar herbicidas, los cuales tienen un gran efecto sobre las arvenses y no afectan a las plantas de interés (herbicida selectivo). Actualmente, en el territorio colombiano el herbicida que se utiliza en un 80% es el 2,4-D, pero debido a que las arvenses a través del tiempo adquieren resistencia a los compuestos que estos traen, los herbicidas pierden efectividad. Es así como en cultivo de interés, también se encuentran, plantas arvenses, las cuales crecen simultáneamente con este, ocasionando efectos, debido a la competencia que tienen por luz, agua, nutrientes y dióxido de carbono, adicionando también, que estas arvenses segregan sustancias alelopáticas y son vectores de plagas (Rodríguez Tineo, 2000).

Pero también algunas arvenses, pueden contribuir a la dieta de animales, como es el caso del pasto peludo (*Brachiaria decumbens*), el cual ha sido utilizado en las últimas décadas para complementar la nutrición en sistemas de producción ganadera. Asimismo, se tiene la competencia entre arvenses, en donde si no se controlan oportunamente las especies indeseadas, pueden llegar a reducir la producción y calidad de los forrajes, dificultando de esta manera el pastoreo, la ganancia de peso de los animales, además de que algunas de estas arvenses son consideradas tóxicas (Esqueda-Esquivel *et al.*, 2009). Aunque las arvenses han sido controladas significativamente en los países más industrializados, estas continúan requiriendo amplia fuerza de trabajo en países con menor desarrollo, en especial en los trópicos (Parker & Casely, 1996). Por lo tanto, el tratamiento químico para el control de arvenses más utilizado en los pastizales, es una mezcla de Dicloram +2,4-D desarrollada por Timmons en la década de los 60 (Esqueda-Esquivel *et al.*, 2009). Es así que la molécula derivada de un compuesto heterocíclico, procedente del ácido 2-formilbenzoico, el cual, contiene en su estructura dos grupos (Imidazolinona: el cual no permite la síntesis de 3



aminoácidos esenciales para el crecimiento de arvenses (isoleucina, valina y leucina), en donde los herbicidas derivados de este, se han empleado en cultivos: alfalfa, trigo y cebada (Eberlein, C. V., & Guttieri, 1994) y Ftalilo: en donde los derivados de esta molécula presenta dos mecanismos de acción ya sea la inhibición en la producción de estrigolactonas y afectación en la maquinaria fotosintética, además de los compuestos obtenidos por la síntesis de Ftalilos presentan control en *Echinocholoa cruzgalli*, con leves daños en el cultivo de interés (Houbion, J., & Schafer, 1978). Por lo tanto, los compuestos anteriormente nombrados, los cuales se encuentran presentes en herbicidas comerciales con el mismo potencial para actuar por mecanismos diferentes para el control de arvenses y que, además, sean selectivas con el cultivo de interés.

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación busca nuevas alternativas, de este modo se plantea la siguiente pregunta ¿El compuesto heterocíclico derivado del ácido 2-formilbenzoico, presenta la selectividad necesaria para el control de arvenses de hoja ancha y hoja angosta en el cultivo de *Brachiaria decumbens*?



## 7. JUSTIFICACIÓN

Según un informe de las naciones unidas, la población actual es de 7.600 millones de personas; para el año 2030 alcanzarán los 8.600 millones y en donde para el 2050, esta cifra será 9.800 millones con proyecciones a 11.200 millones para el año 2100, Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2017), por lo cual la demanda de alimentos será aún mayor, de esta manera el campo de la agricultura, ha llevado a los investigadores a buscar nuevas técnicas que permitan obtener altos rendimientos en los cultivos, por tal motivo se han desarrollado sustancias químicas que permiten ayudar al agricultor en la protección los cultivos, estas sustancias por ejemplo son utilizadas en el manejo de arvenses, donde su actividad, es selectiva y segura (Romero Artemisa *et al.*, 2002). De igual forma se considera que aproximadamente se pueden investigar cerca de 20,000 compuestos antes de obtener un herbicida o medicamento comercial (Draber & Fujita, 1992), y dada la escasa información que se tiene sobre compuestos de herbicidas de reconocida acción “graminicida” que cuenten con el potencial para ser utilizados en el establecimiento de forrajes, se hace necesario una investigación sobre el compuesto heterocíclico derivado del ácido 2-formilbenzoico, el cual podrían ser utilizado en este campo y si la molécula derivada del compuesto anteriormente nombrado, pueden ser selectivo en los pastos forrajeros, frente a las arvenses, considerándose que *B. decumbens* es la especie más cultivada del género *Brachiaria* en el trópico húmedo, por lo tanto, es la base de la alimentación para mucho de las 14 sistemas de producción ganadera (Villalobos & Montiel, 2015).

## 8. OBJETIVOS

### 8.1 Objetivo General

Evaluar la selectividad de un compuesto heterocíclico derivado del ácido 2-formilbenzoico, como herbicida en un cultivo de pasto peludo (*Brachiaria decumbens*) en etapas de pre y post-emergencia bajo condiciones semi-controladas en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca.

### 8.2 Objetivos específicos

**8.2.1** Evaluar la toxicidad y eficiencia en el control de arvenses de un compuesto heterocíclico derivado del ácido 2-formilbenzoico, en la etapa de preemergencia de un cultivo de pasto peludo (*Brachiaria decumbens*).

**8.2.2** Evaluar el crecimiento del cultivo de pasto y la toxicidad del compuesto heterocíclico derivado del ácido 2-formilbenzoico en un cultivo de pasto peludo y su eficiencia en el control de arvenses en la etapa de post-emergencia.

## 9. MARCO REFERENCIAL

### 9.1 Marco Teórico

#### 9.1.1 Taxonomía

En el Cuadro 1 se presenta la clasificación taxonómica del pasto peludo.

**Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Brachiaria decumbens*.**

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Paniceae
Género	<i>Brachiaria</i>
Especie	<i>B. decumbens</i>

Datos obtenidos de Martínez (2021).

#### 9.1.2 Características morfológicas del pasto *B. decumbens*.

Este pasto se caracteriza por ser una planta herbácea, perenne, y semierecta, de 30 a 100 cm de altura. Sus raíces son duras y fuertes, presentan pequeños rizomas. Los culmos que poseen son cilíndricos a ovados, estos pueden ser decumbentes o erectos, su color es verde y algunas veces presentan visos de color morado, pilosos o glabros, estos pueden presentar de seis a 16 internodios de 18 a 28 cm de largo. Los nudos que presenta este pasto, poco pilosos, con regiones o zonas que alcanzan a ser fuertemente moradas. Con respecto a sus hojas, estas son de color verde oscuro el cual se presenta durante el primer año, debido al alto contenido de clorofila, estas tienden a medir de 10 a 20 mm de ancho y entre 20 y 40 cm de largo, además están cubiertas por tricomas. Poseen bordes duros y ásperos. La inflorescencia que presenta tiene forma de panícula racemosa, de 25 a

47 cm de largo; formada por 2 - 5 racimos de 4 a 10 cm de largo. Las espículas que presenta son gruesas, oblongo-elípticas, de 3 a 4 mm de largo, se encuentran alineadas en filas dobles y con un pedúnculo corto. Presenta 2 glumas, 1 lema y 1 palea, las cuales son de tamaño diferente. En donde la gluma inferior es corta, por lo tanto, no alcanza a llegar a la mitad de la longitud de las espículas; caso contrario pasa con la superior, donde esta es casi tan larga como las espículas. Su reproducción es sexual por semillas) y asexual por material vegetal (Olivera *et al.*, 2006).

### 9.1.3 Adaptación y Origen

*Brachiaria decumbens*, es una especie originaria de Uganda, África Tropical, este pasto se comporta bien en climas con temperaturas entre los 18 y 28°C, con precipitaciones que van desde los 1000 a los 4500 mm, las altitudes en las que se puede encontrar oscilan desde los 0 hasta los 2200 msnm (*B. decumbens* Stapf (CIAT-606) (*pasto peludo*) Tltid, 1991). Datos reportados por Corpoica (1994) menciona que *B. decumbens*, fue introducida al departamento de Caquetá, Colombia en 1970 e identificado como una de las especies promisorias para el piedemonte dado a su adaptación, producción y resistencia al pastoreo intensivo, además en los suelos de la amazonia colombiana se presenta como una alternativa de estos (Perea y Navas, 1981).

### 9.1.4 Crecimiento del pasto.

Hunt (1978) define el crecimiento, como un incremento irreversible en el tamaño de las plantas, el cual a menudo es acompañado por cambios en la forma. Para otros autores, es un proceso fisiológico de los diferentes órganos de las plantas que dependen de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, entre otros, además de que se encuentran influenciados por factores como son la temperatura, la intensidad de luz, la calidad de la semilla, disponibilidad de agua y nutrientes (Barrera *et al.*, 2009). El análisis matemático de crecimiento usa medidas

directas, tales como Peso Seco (W), Área Foliar Total (AF) y Tiempo (T), mientras que las medidas derivadas Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Relación de Área Foliar (RAF), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Área Foliar Específica (AFE), Índice de Área Foliar (IAF) y Duración de Área Foliar (DAF) son calculadas a partir de las medidas directas (Hunt, 1978).

### **9.1.5 Características de los herbicidas.**

Los herbicidas son compuestos complejos que tienen la capacidad de controlar las plantas indeseables o arvenses en los cultivos; un herbicida es un químico que causa una interrupción en la fisiología o metabolismo de una planta por un tiempo suficientemente largo como para matarla o reducir su crecimiento. Se han agrupado en 58 familias químicas que poseen características similares y moleculares comunes. La época de aplicación está relacionado al estado de crecimiento de las malezas o al estado fenológico o etapa en la cual se encuentre el cultivo: pre-emergencia y post-emergencia (Anzalone, 2007).

### **9.1.6 Herbicidas con núcleo de Imidazolinona**

Este compuesto herbicida contiene el núcleo Imidazolinónico (Lamberth, C., & Dinges, 2012) muy conocido en el mercado entre los que se tiene a: Imazethapyr, Imazamox entre otros, por lo cual en su estructura es muy parecidos, pero también es una desventaja en relación a su efectividad, puesto que con el tiempo las arvenses comienzan a desarrollar mecanismos de resistencia en compuestos con estructuras similares, dado que su mecanismo de acción es el aproximadamente el mismo, ya que este se encarga de no permitir la síntesis de 3 aminoácidos ramificados, los cuales son esenciales en el crecimiento de las arvenses, estos aminoácidos son: leucina, valina y isoleucina (Manabe, Y., Tinker, N., Colville, A., & Miki, 2007) . Los ensayos realizados se han hecho en los cultivos de arroz, trigo, alfalfa y cebada (Ortiz *et al.*, 2017; Eberlein, C. V., & Guttieri, 1994).

### **9.1.7 Herbicidas con núcleo de Ftalilos (Isobenzofuranonas)**

Los compuestos que poseen núcleo ftalilo, poseen una extensa actividad, no importa si son de origen natural o sintético, puesto que, al momento de buscar nuevos agentes con potencial de herbicidas para contrarlar a las arvenses, son un buen indicador debido a que poseen actividad de fitotóxica y fungicida (León *et al.*, 2017).

Los ftalilos tienen estructuras químicas las cuales son fáciles de reconocer, puesto que en ellas se encuentran dos anillos, estos a su vez están fusionados (bencénico y lactónico) un éster de 5 miembros. Este sistema fusionado tiene como nombre genérico isobenzofuranona, sus otros nombres son los siguientes: isobenzofuran-1(3H)-ona o benzo[c]furan-1(3H)-ona o 3H-isobenzofuran-1-ona, además, este sistema tiene 5 puntos diversificados, lo cual es útil para realizar estudios relacionados entre su estructura y su actividad biológica, los cuales permitan mostrar los compuestos que posean este núcleo, en donde los derivados de este presenta dos mecanismos de acción, ya sea en la afectación de la maquinaria fotosintética y la inhibición en la producción de estrigolactonas (Houbion, J., & Schafer, 1978). En la naturaleza se encuentran el sistema ftalilo, el cual está ampliamente distribuido; se sabe que, de origen natural, existen aproximadamente 180 ftalilos, los cuales se han podido aislar en 137 especies de plantas, también se han podido obtener de microorganismos tales como bacterias y hongos en metabolitos secundarios (Beck & Chou, 2007; Karmakar *et al.*, 2014).

### **9.1.8 Herbicida Afalon®**

Es un herbicida selectivo cuyo ingrediente activo es el Linuron, el cual pertenece al grupo químico de la urea, clorado, con formula química: C<sub>9</sub>H<sub>10</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Su modo de acción es por contacto y sistémico, este es absorbido en menor medida por el follaje y principalmente por la raíz, donde la translocación es acrópeta, afectando la fotosíntesis, con lo cual impide el crecimiento de las malezas de hoja ancha y gramíneas anuales, su modo de control es en pre y post-

emergencia en arroz, banano, café, caña de azúcar, cebolla, cereales, papa, apio, frijol, zanahoria, algodón, apio y ornamentales (De la Cruz *et al.*, 2022).

### **9.1.9 Break thru®**

Coadyuvante no iónico, con actuación surfactante, dispersante, humectante y penetrante. Su ingrediente activo es Poliéter polimetilsiloxano copolímero. Este producto se encarga de reducir la tensión superficial del agua y permite a las partículas de herbicidas, defoliantes e insecticidas penetrar en las hojas o insectos, así como una distribución uniforme de estos debido a sus cualidades dispersantes (BASF Se, 2023).

### **9.1.10 Principios de selectividad de Herbicidas.**

Con la creación del herbicida 2,4-D, durante la segunda guerra mundial, los herbicidas han ido aumentando considerablemente su número y grado de selectividad, pero el desarrollo de estos compuestos es mucho más complicado que los mismo insecticidas y fungicidas, dado a la evidente diferencia anatómicas, fisiológicas y morfológicas entre patógenos y plantas, lo cual no es tan notable entre las mismas plantas (Anzalone, 2007; Cárdenas *et al.*, 1995).

### **9.1.11 Factores que determinan la selectividad.**

Se debe considerar que la selectividad es un término relativo, puesto que esta se puede perder cuando se agregan dosis altas y/o bajas. Por lo tanto, el concepto de los herbicidas selectivos es aquellos donde a ciertas dosis y bajo ciertas condiciones, el crecimiento de algunas plantas es afectado, pero no el de otras (Anzalone, 2007; Cárdenas *et al.*, 1995).

Para que un herbicida pueda realizar su acción fitotóxica, se necesita lo siguiente:

- Debe tener contacto con la planta
- Tiene que haber penetración dentro de la planta
- Movilización al sitio de acción tóxica
- Desempeñar acción tóxica, afectando procesos vitales.

Con lo anterior, la selectividad se puede regular controlando la cantidad del herbicida, el cual entra en contacto con la planta, además de controlar el grado de penetración por medio de aditivos como aceites o surfactantes, de esta manera la planta dependerá de la velocidad y cantidad de penetración del herbicida y de su capacidad para resistir la acción de éste, en los procesos vitales (Cárdenas *et al.*, 1995).

### **Penetración de los herbicidas.**

Las estructuras de las hojas están constituidas con unas barreras las cuales deben ser superadas por los herbicidas y poder penetrar al citoplasma de las células; la cutícula, la pared celular y la membrana plasmática (Sieber *et al.*, 2000). Específicamente, la cutícula posee una carga eléctrica total negativa a los niveles de pH normales (Ashton y Crafts, 1973). Los plaguicidas pueden seguir dos rutas para penetrar las estructuras celulares; la ruta lipofílica: compuestos no polares y la ruta hidrofílica: compuestos polares y/o no iónicos. Independientemente de la ruta que tome un herbicida para penetrar la cutícula, este proceso de penetración se realiza por difusión (pasivo); de esta manera, la velocidad de penetración es, directamente proporcional al gradiente de concentración del herbicida entre la superficie de la hoja y las capas más profundas de la cutícula.

## 10. MARCO CONCEPTUAL

**Forraje:** Son gramíneas o leguminosas cosechadas para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco o procesado como heno, ensilaje, rastrojo, entre otros (Núñez, 2009).

**Ingrediente activo:** Cualquier sustancia que se pueda prevenir, repeler, destruir, o mitigar una plaga, o que funciona como regulador de crecimiento de la planta, desecante, agente sinérgico, defoliante o estabilizador de nitrógeno (Pesticide Educational Resources Collaborative y Environmental Protection Agency PERC & EPA, 2018).

**Selectividad:** En la clasificación de herbicidas, se tiene los herbicidas selectivos, los cuales, a ciertas dosis, épocas de aplicación y formas eliminan a algunas plantas sin dañar significativamente a otras, por ejemplo, atrazina es un herbicida selectivo en maíz y sorgo (Rosales *et al.*, 2006).

**Malezas:** Es aquella planta que crece de forma silvestre en una zona sembrada. Y que además compiten por el agua y los nutrientes del suelo, generan pérdidas económicas e interfieren durante la cosecha (Esperbent, 2015).

**Toxicidad:** El potencial que tiene un pesticida de causar daño (PERC & EPA, 2018).

## 10.1 Marco legal

Cuadro 2. Información legal acerca del uso de plaguicidas en Colombia

Decreto	Descripción
<b>Decreto 1843 de 1.991</b>	Originario del Ministerio de Salud Pública, reglamenta el control y vigilancia epidemiológica en el uso y manejo de plaguicidas, con el objeto de evitar que afecten la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o causen deterioro en el ambiente. Igualmente, se establecen controles para las diferentes actividades relacionadas con los plaguicidas y se precisa el concepto toxicológico como una condición previa de los requisitos para la licencia de venta establecida por el ICA. Por medio de la cual se prohíbe la plantación. (Ministerio de Salud y de Agricultura, 1991).
<b>RESOLUCIÓN 3079 del 19 de Octubre 1995</b>	Por la cual se dictan disposiciones sobre la industria, comercio y aplicación de bioinsumos y productos afines, de abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo y productos afines; plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines (Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 1995).
<b>DECRETO No. 1843 de 1991; ART. 2º</b>	Régimen aplicable al uso y manejo de plaguicidas. El uso y manejo de plaguicidas estarán sujetos a las disposiciones contenidas en la Ley 9ª de 1979, el Decreto 2811 de 1974, reglamento sanitario internacional, el código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas de la FAO, las demás normas complementarias previstas en el presente decreto y las que dicten los ministerios de Salud y de Agricultura o sus institutos adscritos (Ministerio de Salud y de Agricultura, 1991).
<b>DECRETO 1843 DE 1991; Art. 28.-PAR.</b>	Del nombre comercial. "No se permitirá el uso de productos con el mismo nombre comercial que tengan diferente composición. "Quien produzca plaguicidas con diferentes concentraciones de un mismo ingrediente activo podrá darle el mismo nombre comercial adicionado de la respectiva concentración." (Ministerio de Salud y de Agricultura, 1991).



**DECRETO 1843 DE 1991; CAPÍTULO IV** De la **experimentación** **ART. 29.-** Del permiso especial para experimentación. Toda persona natural o jurídica que adelante actividades relacionadas con experimentación de plaguicidas, requiere permiso especial previo del Ministerio de Salud. (Ministerio de Salud y de Agricultura, 1991).

---

Nota: Datos obtenidos de Ministerio de Salud (1991)

## 11. METODOLOGÍA

### 11.1 Ubicación y características agro-climatológicas

El presente proyecto de investigación se implementó en la Unidad agroambiental “La Esperanza” de la universidad de Cundinamarca, localizada en el municipio de Fusagasugá, vereda Guavio bajo. La cual geográficamente se encuentra 4°20'42"N - 74°21'42"W, precipitación anual es de 1896 mm, una altitud de 1.729 m.s.n.m, temperatura máxima de 25°C y una mínima de 13°C y una humedad relativa de 85% (Ramírez Ospina & Rodríguez Alvarado, 2015).

### 11.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con submuestras, utilizando una molécula heterocíclica derivada del ácido 2- formilbenzoico, en dos dosificaciones, un testigo y un producto comercial que tiene función de herbicida, implementando 4 bloques con 4 tratamientos, para un total de 64 unidades experimentales, distribuidos de la siguiente manera en cada bloque: 2 m de ancho x 10 m de largo, 50 cm de separación entre tratamientos, 1 m entre bloques los cuales tuvieron 50 cm de profundidad por cama, en una superficie total de 64 m<sup>2</sup>. Posteriormente, se cubrieron con un plástico negro para evitar el contacto directo de los tratamientos con el suelo. Al finalizar, se volvió a cubrir con el mismo suelo extraído. Se colocaron estacas de 1 m de alto con plástico negro (2,50 m) con el fin de evitar la interacción entre los tratamientos. Se utilizaron 0,045 kg de semillas *Brachiaria decumbens* para los 64 m<sup>2</sup> y 0,011 kg para cada sub-bloque, los cuales se sembraron al voleo.

La fertilización se realizó a la tercera semana después de la siembra con el fin de contribuir a la recuperación de las plantas después de la primera aplicación de los tratamientos, donde se utilizó 1.5 kg ha<sup>-1</sup> del fertilizante soluble crecer 500® (N-P-K), con aplicación de 13 g por seis L de agua en 64 m<sup>2</sup>.

## 11.3 Ensayos

### 11.3.1. Evaluación de la fitotoxicidad del ácido 2-formilbenzoico en *Brachiaria decumbens* y arvenses en pre-emergencia.

La primera fase del ensayo se realizó en la pre-siembra, utilizando dos tipos de dosis de la molécula experimental: T1) 250 g, T2) 300 g, T3) 2.4 g de un producto comercial Afalon® (Linuron 50%) y 40 ml del testigo absoluto Brake trhu® en 1.6 L de agua para un total de 6.4 litros aplicadas en toda la parcela experimental (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Tratamientos evaluados como herbicidas en la etapa pre y post-emergencia en *B. decumbens* y arvenses.**

Numero	Tratamientos	Dosis			
		mg/16 m <sup>2</sup>	g/1.6 L de agua	g/ ha	
T1	Acido formilbenzoico	2-	400	0.4	250
T2	Acido formilbenzoico	2-	480	0.48	300
T3	Afalon® (Linuron 50%)		2400	2.4	1500
T4	Brake trhu®		----	40 MI	400 ml

Es necesario resaltar que la aplicación de los tratamientos en esta fase se realizó después de la siembra del pasto directamente al suelo.

### 11.3.2. Evaluación de la fitotoxicidad del ácido 2-formilbenzoico en *B. decumbens* y arvenses en post-emergencia.

Los tratamientos para la etapa de post-emergencia se realizaron con los mismos tratamientos de la etapa de pre-emergencia, utilizando las mismas dosis. La aplicación de los tratamientos se ejecutó a los 24 días después de la siembra, cuando las semillas del pasto peludo (*B. decumbens*) germinaron y estas presentaron cuatro hojas verdaderas. La aplicación se realizó con la ayuda de una fumigadora de espalda marca Royal Cóndor® y boquilla tipo abanico (50 cm de ancho). La calibración del equipo se hizo a 20 cm de altura en una superficie de 16 m<sup>2</sup> con gasto de 1.6 L de agua (2 m de ancho y 8 m de largo) y un volumen final de 6.4 L en 64 m<sup>2</sup>.

### 11.3.3. Evaluación de las variables

**Etapa de pre-emergencia.** Se evaluó el porcentaje de cobertura y la fitotoxicidad del ácido-2-formilbenzoico como herbicida selectivo en el pasto para el control de las arvenses. El muestreo se realizó cada 8 días durante tres semanas.

**Porcentaje de cobertura.** Se tomó un cuadro de 0.25 m<sup>2</sup> subdividido en 25 cuadrantes. Se cuantificó el número de puntos cubiertos por el pasto y arvenses; y el total de puntos evaluados. El porcentaje de cobertura (C) se determinó con la siguiente formula:

$$C = \frac{\text{N}^\circ \text{ de puntos cubiertos}}{\text{N}^\circ \text{ total de puntos evaluados}} \times 100$$

Fuente: Modificado de Mostacedo y Fredericksen, 2000.

**Fitotoxicidad en el pasto y arvenses.** Para este parámetro de estimación, se consideró la Clasificación del Consejo Europeo de Investigación de Malezas (EWRC) utilizando la escala para calificar el nivel de tolerancia del cultivo, según la aplicación de herbicida (Cuadro 4). Las plantas se calificaron visualmente por el

daño de las hojas 8 días después de la aplicación de los tratamientos (Sandral, 2003).

#### **Cuadro 4. Sistema de calificación del Consejo Europeo de Investigación de Malezas (EWRC)**

<b>Puntaje (EWRC)</b>	<b>Tolerancia de arvenses/pasto</b>
1	Sin efecto
2	Efectos muy leves; algo de retraso en el crecimiento y coloración amarillenta Visible
3	Efectos leves; retraso en el crecimiento y coloración amarillenta; efectos reversibles
4	Clorosis sustancial o retraso en el crecimiento; la mayoría de los efectos probablemente reversible
5	Fuerte clorosis/retraso en el crecimiento; adelgazamiento de soporte
6	Aumento de la severidad del daño.
7	Aumento de la severidad del daño.
8	Aumento de la severidad del daño.
9	Pérdida total de plantas y rendimiento

Fuente: Sandral, 2003.

**Etapas post-emergencia.** Se evaluaron las medidas **directas e indirectas del crecimiento**, la fitotoxicidad y la eficiencia del ácido-2-formilbenzoico como herbicida selectivo en *B. decumbens* para el control de las arvenses.

### **Medidas directas para el pasto y arvenses.**

**Altura:** Para esta variable se tomaron 10 lecturas al azar por repetición. Para lo cual se utilizó un metro graduado en cm, de tal forma que la parte inferior del metro se colocara a nivel de suelo y la parte posterior en contacto con la hoja bandera (hoja más larga). El muestreo se realizó cada 8 días durante seis semanas.

**Biomasa seca total para el pasto y arvenses.** Se realizaron muestreos destructivos por 1 m<sup>2</sup> en cada tratamiento a una altura de 25 cm a los 40 y 48 días después de la siembra. El forraje colectado se lavó y el exceso de agua se absorbió en servilletas y a continuación se depositaron en bolsas de papel estraza, luego se secaron en el horno convencional ED56 (Binder®) a temperatura de 55°C, hasta mantener un peso constante, inmediatamente, se pesaron en una balanza de precisión (Pioneer™) para obtener la biomasa seca total (Sandral, 2003).

**Área foliar para el pasto:** Para este variable se empleó como referencia, la medida establecida por Guerrero *et al.* (2012), se tomó una muestra en un área de 0.25 m<sup>2</sup> por replica a la semana, durante seis semanas, en donde se midió el ancho y largo de las hojas por medio de fotografías, las cuales se analizaron con la ayuda del programa “Image J®”.

La evaluación de la **fitotoxicidad** del cultivo en estudio se realizó de la misma manera que se hizo en la etapa de pre-emergencia.

**Eficiencia de control.** Para este, se tomaron los datos obtenidos de la biomasa seca total (g/m<sup>2</sup>), tanto del pasto como de las arvenses, considerando el número de individuos de cada especie. Para la eficiencia de control (WCE) y el índice de control en arvenses (WCI), se utilizaron las siguientes formulas:

$$WCE = \frac{WPC - WPT}{WPC} \times 100$$

$$WCI = \frac{WDC - WDT}{WDC} \times 100$$

En donde:

**WPC:** población de malezas del testigo (Número\*m<sup>2</sup>).

**UWC, WPT:** población de malezas (Número\*m<sup>2</sup>) en bloques tratados.

**WDC:** pesos secos de malezas del testigo (g /m<sup>2</sup>).

**UWC, WDT:** pesos secos de malezas (g/ m<sup>2</sup>) en bloques tratados.

Asimismo, se tomó en consideración el índice de crecimiento con las medidas indirectas (Cuadro 5), tales como: Tasa de crecimiento relativo: (TCR), Tasa de asimilación neta (TAN), Duración de área foliar (DAF) y Área foliar específica (AFE).

**Cuadro 5.** Índices de crecimiento empleados en Fisiología Vegetal y de cultivos, adaptado (Melgarejo *et al.* 2010).

Índice de crecimiento	Símbolo	Valor instantáneo	Valor promedio en un intervalo de tiempo (T <sub>2</sub> -T <sub>1</sub> )	Unidades
Tasa de crecimiento relativo	TCR	$\frac{1}{w} \frac{dw}{dt}$	$TCR = \frac{(\ln w_2 - \ln w_1)}{(T_2 - T_1)}$	g/(g día)
Tasa de asimilación	TAN	$\frac{1}{AF} \frac{dw}{dt}$	$TAN = \frac{(w_2 - w_1)}{(T_2 - T_1) \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(AF_2 - AF_1)}}$	g/(cm <sup>2</sup> día)
Índice de área foliar	IAF	$\frac{AF}{As}$	$IAF = \frac{(AF_2 - AF_1)}{\frac{2}{\frac{1}{As}}}$	Dimensional según las unidades
Tasa del crecimiento del cultivo	TCC	$\frac{1}{As} \frac{dw}{dt}$	$TCC = \frac{1}{As} * \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)}$	g/cm <sup>2</sup> día
Tasa absoluta de crecimiento	TAC	$\frac{dw}{dt}$	$TAC = \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)}$	g/día

Duración de área foliar	DAF	-	$DAF = \frac{(AF_2 + AF_1) * (T_2 - T_1)}{2}$	cm/día
Área foliar específica	AFE	$\frac{AF}{MF}$	$AFE = \frac{\left(\frac{AF_2}{W_2} + \frac{AF_1}{W_1}\right)}{2}$	cm <sup>2</sup> /g

### Análisis de la información

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y para separación de medias se utilizó el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico InfoStat versión 2020 (Rienzo, 2017)

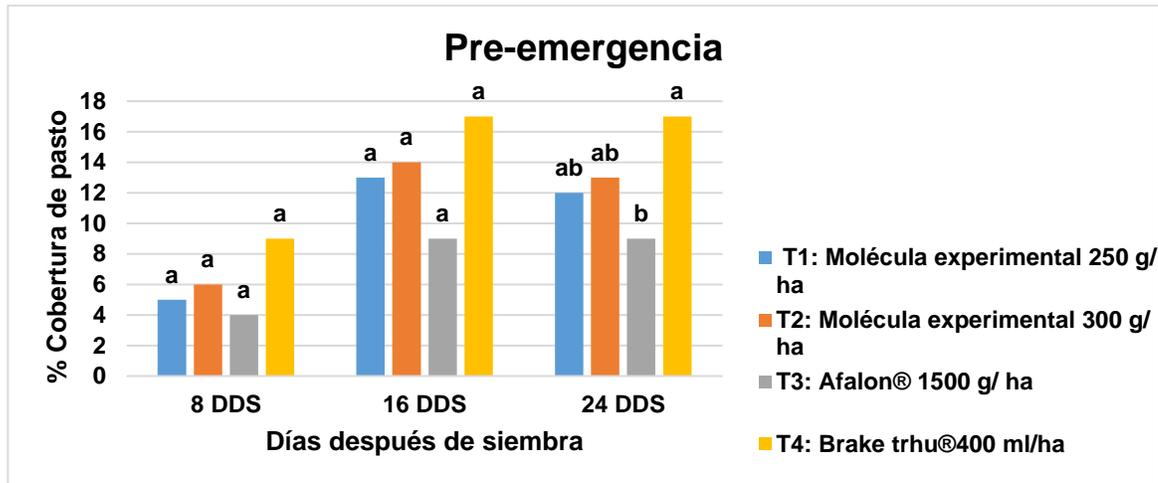
## 12 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 12.1. Evaluación de la fitotoxicidad del ácido 2-formilbenzoico en pre-emergencia.

#### Porcentaje de cobertura de pastos y arvenses.

Para realizar el análisis estadístico, se realizaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad de varianza en donde pudo observar que los datos no presentaban normalidad ya que el estadístico W, hace rechazar la hipótesis nula de normalidad ( $W_{cal}: 0,86 < W_{tab}: 0,916$ ) (Anexo 1.). Por lo tanto, se tomó la decisión de realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que permite comparar las esperanzas de 2 o más distribuciones sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente. Se realizó una prueba para cada una de las fechas de muestreo (8, 16 y 24 DDS para Pre-emergencia); para los primeros dos días no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los rangos asignados al % de Cobertura de Pasto, sin embargo, para 24 DDS se encuentran diferencias significativas ( $x^2_{cal}: 8,91 > x^2_{tab}: 7,815$ ; con  $\alpha=0,05$ ; con 4 grupos en análisis y 16 datos en proceso), de igual forma se hicieron Comparaciones de a pares entre las medias de los tratamientos utilizando el procedimiento de Conover, encontrando mayor % de cobertura para el tratamiento testigo (T4) y para las moléculas en estudio un comportamiento intermedio con el Afalon pero un poco mejor el comportamiento de la molécula a más alta dosificación (T2: 300 g/ha; 13,25% de cobertura), lo cual es un dato interesante para discutir y comparar con las demás variables evaluadas.

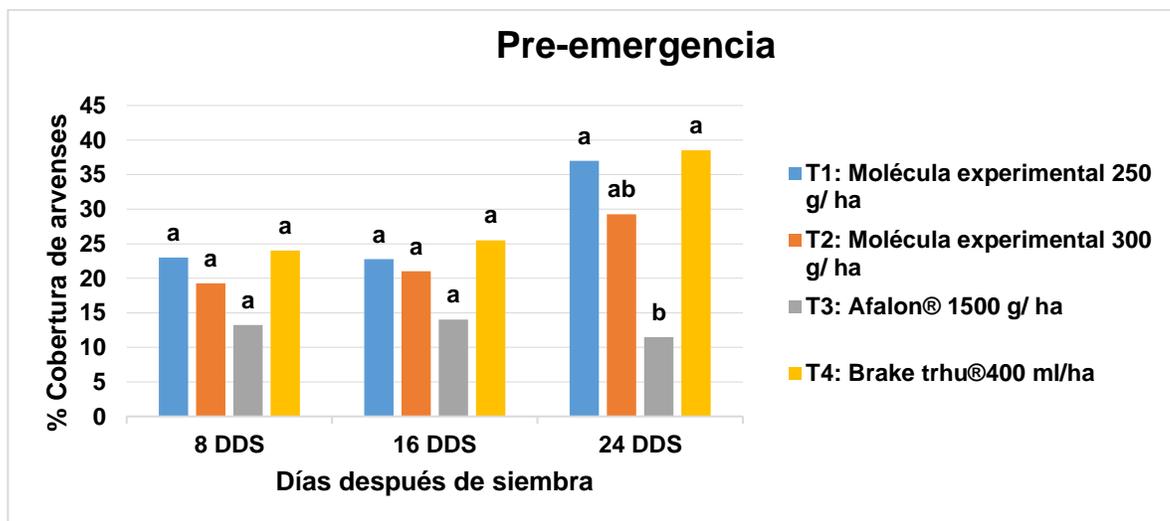
**Gráfico 6. % de cobertura del pasto (*Brachiaria decumbens*) Pre-emergencia.**



Al realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, de igual forma para la variable de respuesta anterior, para los primeros dos días no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los rangos asignados al % de Cobertura de arvenses, sin embargo, para 24 DDS se encuentran diferencias significativas ( $\chi^2$  cal:10,13 >  $\chi^2$  tab: 7,815; con  $\alpha=0,05$ ; con 4 grupos en análisis y 16 datos en proceso), Comparaciones de a pares de Conover, se encontró mayor % de cobertura para el tratamiento testigo (T4) y para la molécula de 250 g/ha (T1); un comportamiento intermedio con el Afolon y el testigo fue el de la molécula a más alta dosificación (T2: 300 g/ha; 8% de cobertura de arvenses). En el estudio realizado por Metzler y Ahumada (2017) en donde evaluaron herbicidas residuales preemergentes para el control de *Echinochloa crus-galli* en Entre Ríos (Argentina), encontraron que, con los tratamientos en base a inhibidores de la ALS, los impactos logrados fueron inferiores al 80% en el control de arvenses en aquellos casos donde las ALS fueron aplicadas solas, tanto a los 30 y 45 DDA. Sin embargo, cuando un herbicida inhibidor de la ALS, como es el caso de imazethapyr, en la mezcla comercial con saflufenacil se combinó, se obtuvieron resultados satisfactorios

de control, superiores al 80% en distintas regiones de evaluación del ingrediente activo. Entonces existe una posible resistencia a inhibidores de la ALS en *Echinochloa crus-galli* que afecta el control de esta maleza y que ya es necesario, comenzar a combinar en mezcla de tanque a este mecanismo de acción con otro diferente para controlar a la arvense y disminuir también la presión de selección del mismo, sobre otras malezas. En el presente estudio gracias a la presencia de otro grupo químico que tiene acción en dos sitios diana diferentes al de las Imidazolinonas, tal vez fue posible tener un menor % de cobertura de arvenses.

**Gráfico 2. % de cobertura de Arvenses Pre- emergencia.**

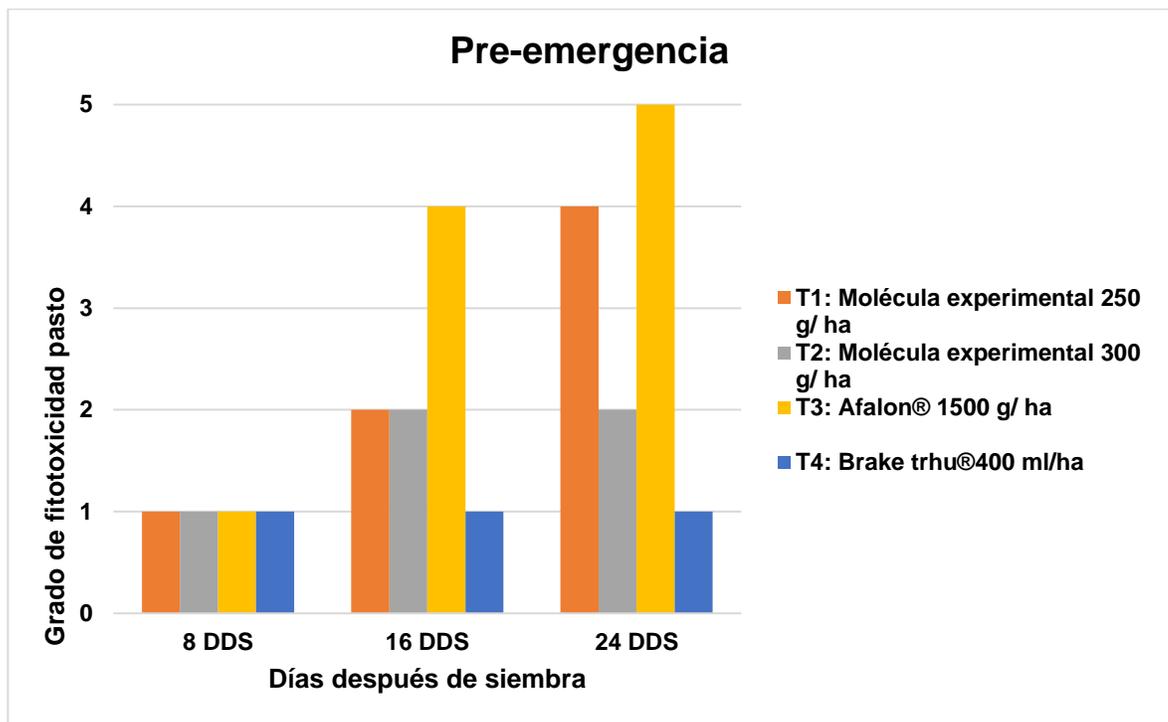


### Grado de Fitotoxicidad para Pasto y Arvenses.

En la variable del grado de fitotoxicidad en preemergencia para el pasto, se observan diferencias numéricas a partir de los 16 DDS, donde como era de esperarse el Afalón tuvo el mayor grado y la molécula a diferentes dosificaciones grados iguales entre sí (Grado 2), mayores que el tratamiento testigo, pero menores que Afalon. En el muestreo realizado a los 24 DDS es evidente como la fitotoxicidad de la molécula a mayor concentración (T2), se

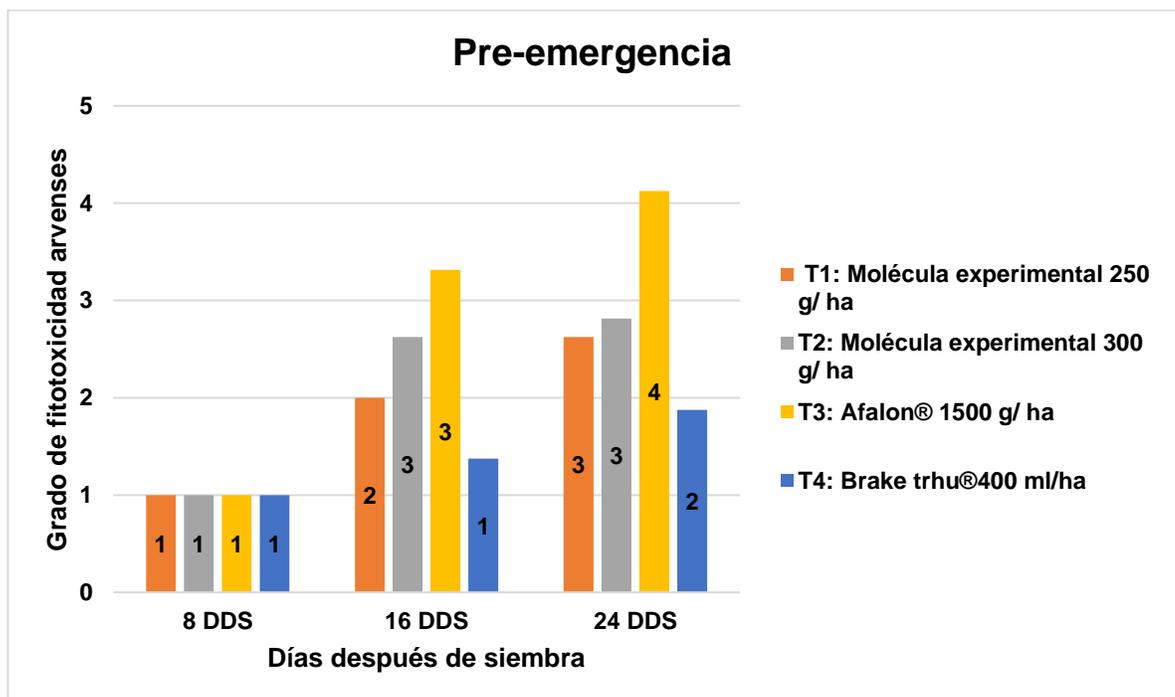
mantiene estable mientras la de la dosis de 250 g/ha, aumenta hasta el grado 4. Esto es de importancia para considerar la recomendación de la concentración de 300 g/ha, ya que estabiliza su fitotoxicidad a medida que pasa el tiempo, lo que le permitiría a la planta de pasto, recuperarse de mejor manera de los daños causados anteriormente. En la investigación realizada por Hernández y Herrera (2004), donde analizaron la Selectividad de Herbicidas en Presiembra y Postemergencia Temprana en los Pastos *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*, encontraron que para la etapa de presiembra (preemergencia también de las arvenses), a la primera semana, no se observó daño con el uso del imazethapyr en *B. decumbens*. A partir de la segunda y hasta la sexta semana el ingrediente activo causó daños entre el 47 y el 70% (entre un grado 7 y 8), por lo que no es muy recomendable su uso en preemergencia.

**Gráfico 3. Grado de fitotoxicidad pasto Pre- emergencia.**



Para el grado de fitotoxicidad en preemergencia para las arvenses, de igual forma la variación en los grados se observa después de los 16 DDS, mostrando un comportamiento similar para el T2 y el Afalon, mientras que para los 24 DDS, numéricamente ambas concentraciones de la molécula son fitotóxicamente iguales pero inferiores a Afalon. Es de resaltar el mejor comportamiento de la dosificación es la molécula con 300 g/ha, ya que en ambos días tiene un grado de toxicidad a las arvenses cercano al Afalon.

**Gráfico 4. Grado de fitotoxicidad arvenses Pre- emergencia.**



## Fitotoxicidad en pasto

**Tabla 1 Identificación de escala de fitotoxicidad en pasto.**

EWRC puntaje	% de platas afectadas	Tolerancia de pasto	Ilustración
1	2	Sin efecto.	
2	3	Efectos muy leves; algo de retraso en el crecimiento y coloración amarillenta visible.	

3	4	Efectos leves; retraso en el crecimiento y coloración amarillenta; efectos reversibles.	
4	3	Clorosis sustancial o retraso en el crecimiento; la mayoría de los efectos probablemente reversible.	
5	7	Fuerte clorosis/retraso en el crecimiento; adelgazamiento o de soporte.	



6	8	Aumento de la severidad del daño.	
7	18	Aumento de la severidad del daño	
8	23	Aumento de la severidad del daño.	

9	30	Pérdida total de plantas y rendimiento	
---	----	--	--

**Fitotoxicidad en arvense**

**Tabla 2. Identificación de escala de fitotoxicidad en arvenses**

EWRC puntaje	% de plantas afectadas	Tolerancia de arvenses	Ilustración
1	3	Sin efecto.	
2	4	Efectos muy leves; algo de retraso en el crecimiento y coloración amarillenta visible.	

3	4	<p>Efectos leves; retraso en el crecimiento y coloración amarillenta; efectos reversibles.</p>	
4	6	<p>Clorosis sustancial o retraso en el crecimiento; la mayoría de los efectos probablemente reversible.</p>	
5	5	<p>Fuerte clorosis/retraso en el crecimiento; adelgazamiento de soporte.</p>	



<p>6</p>	<p>8</p>	<p>Aumento de la severidad del daño.</p>	
<p>7</p>	<p>9</p>	<p>Aumento de la severidad del daño.</p>	
<p>8</p>	<p>11</p>	<p>Aumento de la severidad del daño.</p>	

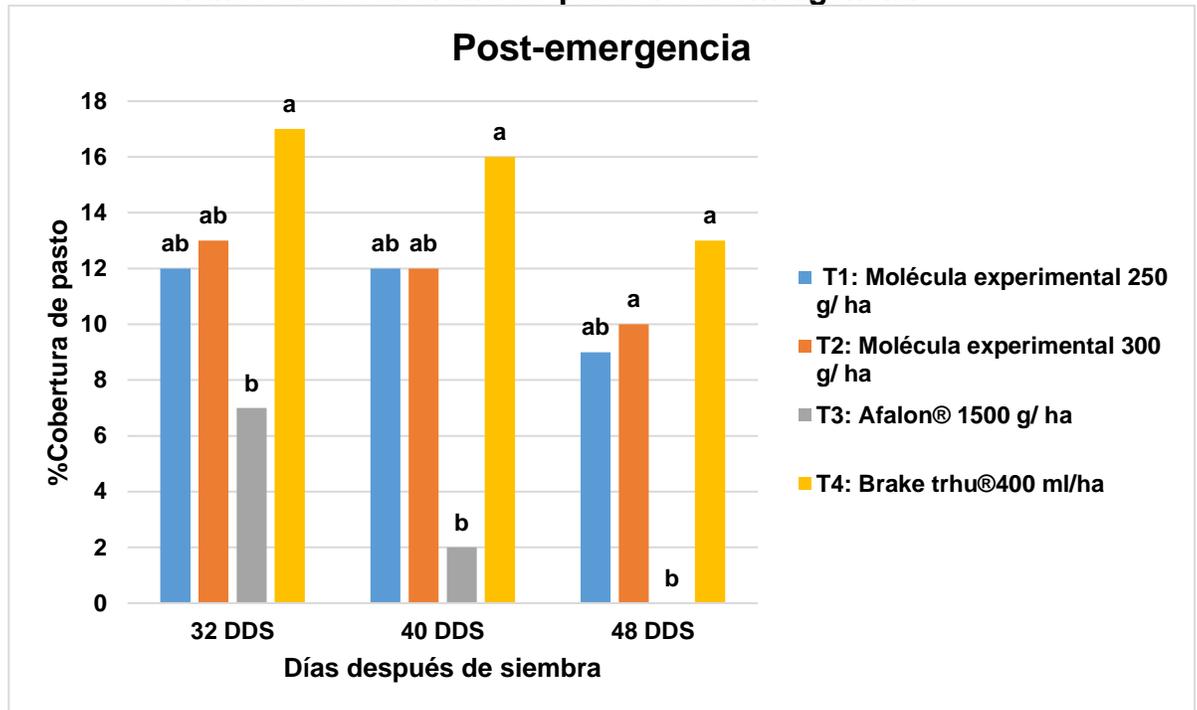
9	50	Pérdida total de plantas y rendimiento	
---	----	--	--

## 12.2. Evaluación de la fitotoxicidad del ácido 2-formilbenzoico en post-emergencia

### Porcentaje de cobertura de pastos y arvenses.

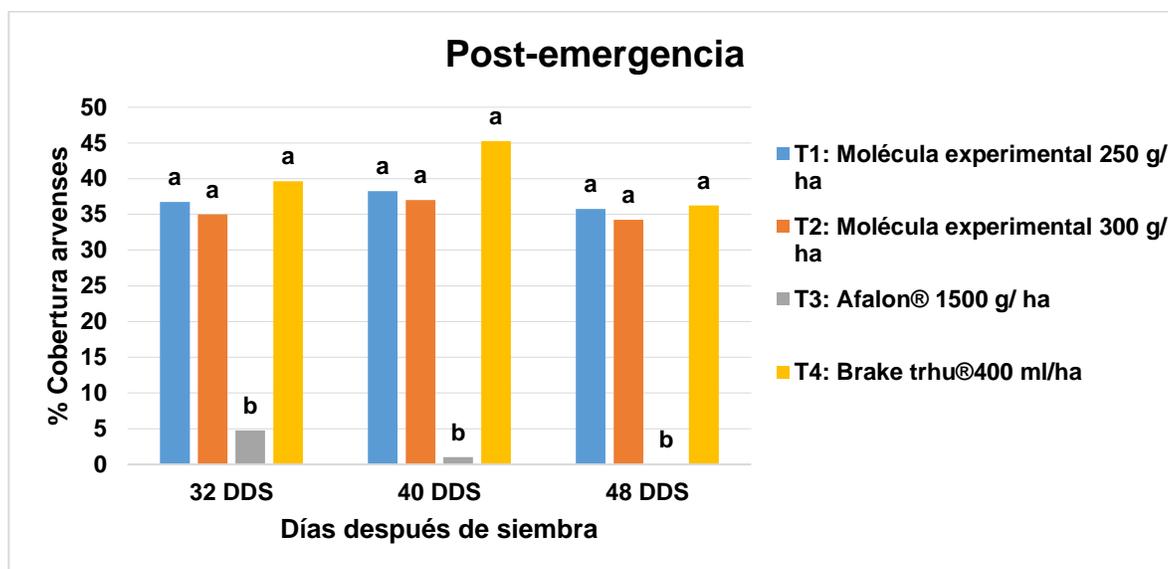
Al realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para los 32 DDS se encontraron diferencias significativas entre las medias de los rangos asignados al % de Cobertura de arvenses ( $x^2$  cal:9,29 >  $x^2$  tab: 7,815), en las Comparaciones de a pares de Conover, se encontró mayor % de cobertura para el tratamiento testigo (T4) y para ambas concentraciones, un comportamiento estadísticamente similar entre si e intermedio para con el T1 y T4. Para 40 DDS se encuentran diferencias significativas ( $x^2$  cal:12,71 >  $x^2$  tab: 7,815), en Comparaciones de a pares de Conover, las diferencias estadísticas fueron iguales que para los 32 DDS. Finalmente, a los 48 DDS, con diferencias significativas ( $x^2$  cal:10,56 >  $x^2$  tab: 7,815), en comparaciones de a pares de Conover, se encontró mayor % de cobertura para el tratamiento testigo (T4) y para la molécula de 300 g/ha (T2) ( $10 \pm 2,94$  %), un comportamiento intermedio con el Afalon y el testigo fue el de la molécula a más baja dosificación (T1: 250 g/ha;  $8,75 \pm 3,5$  % de cobertura de arvenses).

**Gráfico 5. % Cobertura de pasto Post-emergencia.**



En esta prueba estadística se observan diferencias estadísticas para todos los días de muestreo, sin embargo, para las dosificaciones de la molécula en estudio no se encontraron diferencias significativas con el tratamiento testigo, pero resaltando numéricamente el comportamiento de menor cobertura para el T2 (300 g/ha.).

**Gráfico 7. % Cobertura a arvenses Post-emergencia.**

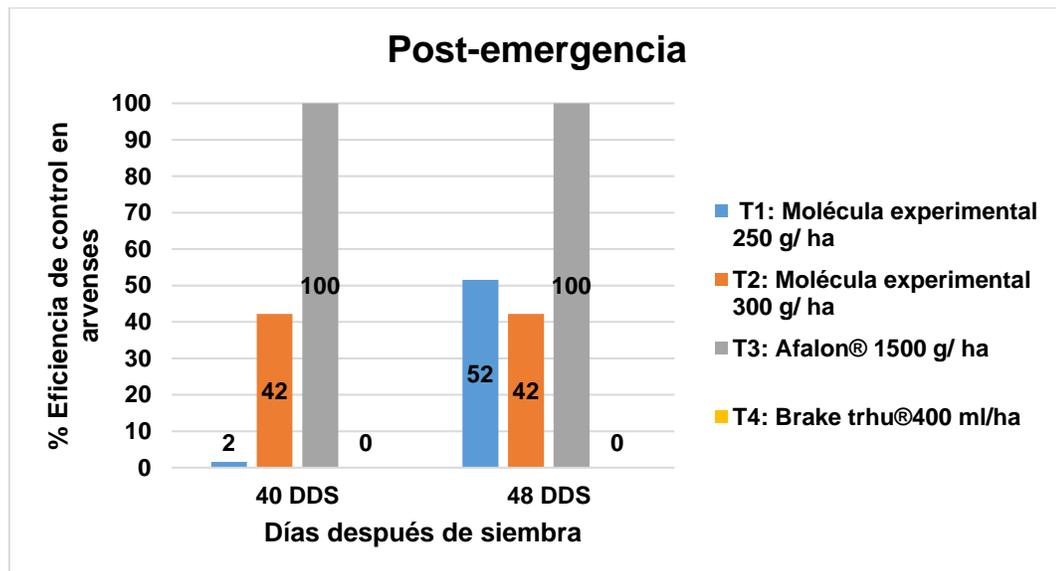


### Porcentaje de Eficiencia de control en arvenses

Para la variable % de eficiencia de control de arvenses, es interesante observar que el efecto de la eficiencia de control a los 40 DDS de la molécula a más baja dosificación, es muy poca en comparación al T2, sin embargo, para el muestreo de 48 DDS, se observa una mejor eficiencia en el control por parte del T1 (52%), mientras que el tratamiento de 300 g/ha se mantiene estable en 42%. Rivas, Castillo y Ortega (2009), señalan que imazethapyr (Imidazolinona), tiene un menor control de arvenses comparado con otros tipos de herbicidas post-emergentes, y que este pudo deberse a la presencia de numerosas malezas dicotiledóneas (magnoliopsidas) como *Chamaecrista yucatanensis* Britton & Rose, *Centrosema* spp., *Acacia angustissima* (Miller) Blake, entre otras que exhibieron tolerancia al ingrediente activo, ya que esta imidazolinona es muy utilizada para el control de malezas en diversos cultivos

de leguminosas. No obstante, para el resultado de este experimento hay que tener en cuenta la presencia del otro grupo químico presente en la molécula, ya que al actuar en dos mecanismos de acción diferentes como la afectación de la maquinaria fotosintética y la inhibición en la producción de estrigolactonas, permitiría una eficiencia mayor pero más demorada en tiempo y también relacionada con la dosificación utilizada, en este caso a una menor dosificación (250 g/ha).

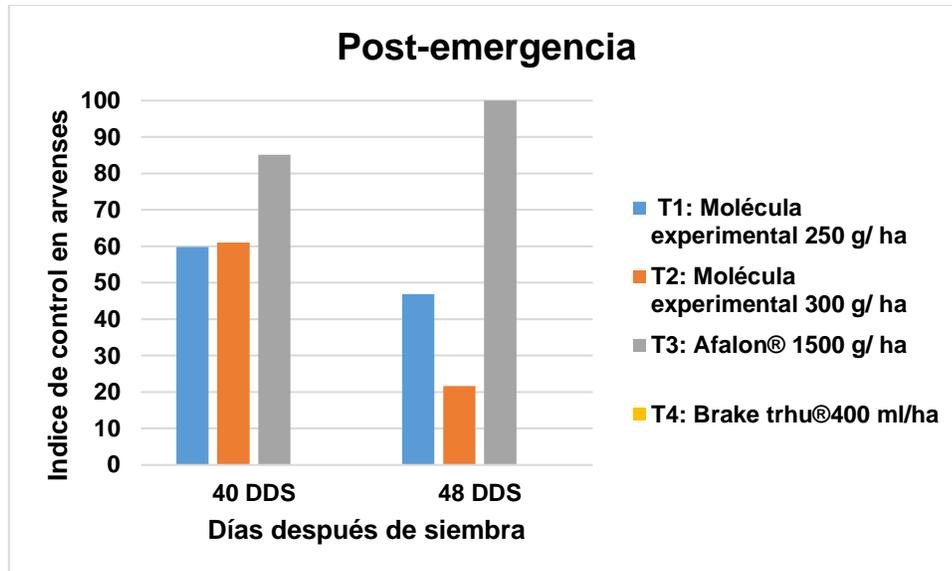
**Gráfico 8. % Eficiencia de control en arvenses Post-emergencia.**



### Índice de control en arvenses

Para el índice de control es evidente, que ambas concentraciones tienen un comportamiento similar hasta los 40 DDS, pero este índice disminuye drásticamente para el muestreo de 48 DDS para el T2, observando que a 250 g/ha se obtiene un mejor índice de control, concordando con el resultado de la variable anterior.

**Gráfico 9. Índice de control en arvenses Post-emergencia.**

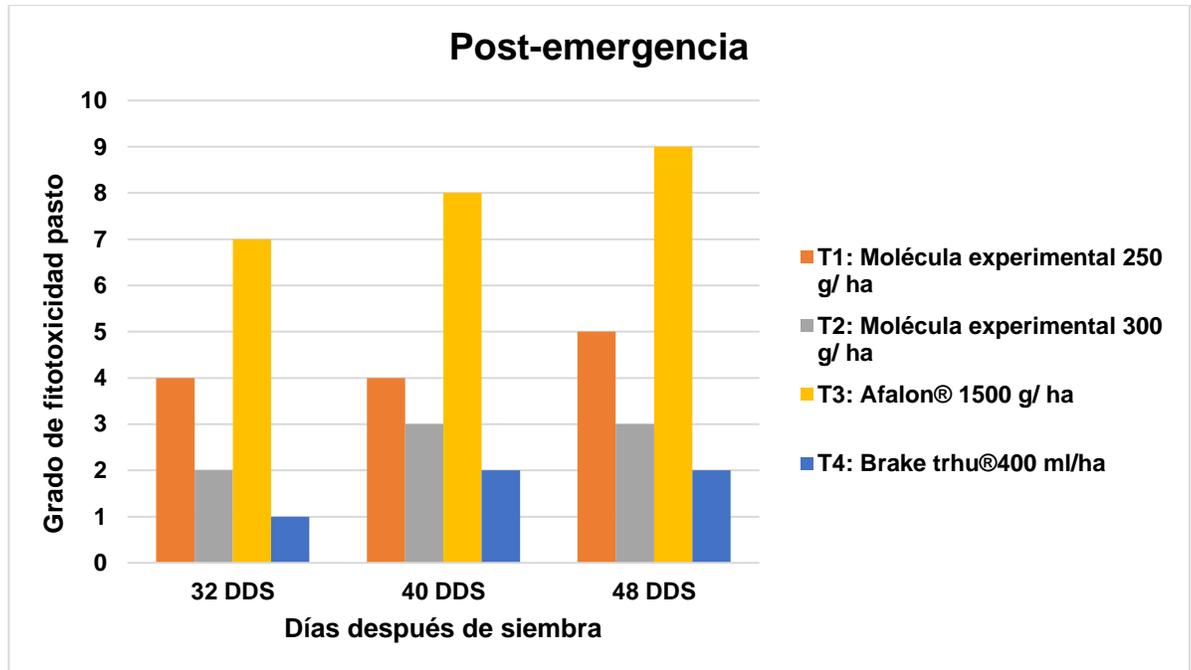


#### **Grado de fitotoxicidad en pasto**

Se observa un mejor comportamiento del T2 en todos los días de muestreo, ya que causa un menor grado de fitotoxicidad al Pasto, estabilizándose entre los 40 y los 48 DDS en el grado 3, mientras el T1, muestra un aumento del grado (5), en los 48 DDS. En el estudio realizado por Rivas, Castillo y Ortega (2009), evaluaron la Selectividad de herbicidas y control de malezas para *Brachiaria brizantha*, donde utilizaron el ingrediente activo imazethapyr, el cual es de la familia de las Imidazolinonas; en este se observa que a menor concentración del i.a. existe una menor fitotoxicidad para el pasto, por lo que en comparación a este estudio el grado de fitotoxicidad puede estar relacionada con el efecto del grupo de los Ftalilos (Isobenzofuranonas) y no relacionado con la acción del grupo de las Imidazolinonas. De igual manera Hernández y Herrera (2005), encontraron que este ingrediente activo de las imidazolinonas tenía menos grado de fitotoxicidad si se usaba en aplicación post-emergente temprana (plantas en

estado de desarrollo de tres a cinco hojas), ya que *B. decumbens* hasta la tercera semana tenía daño leve y se recuperó totalmente a la quinta semana.

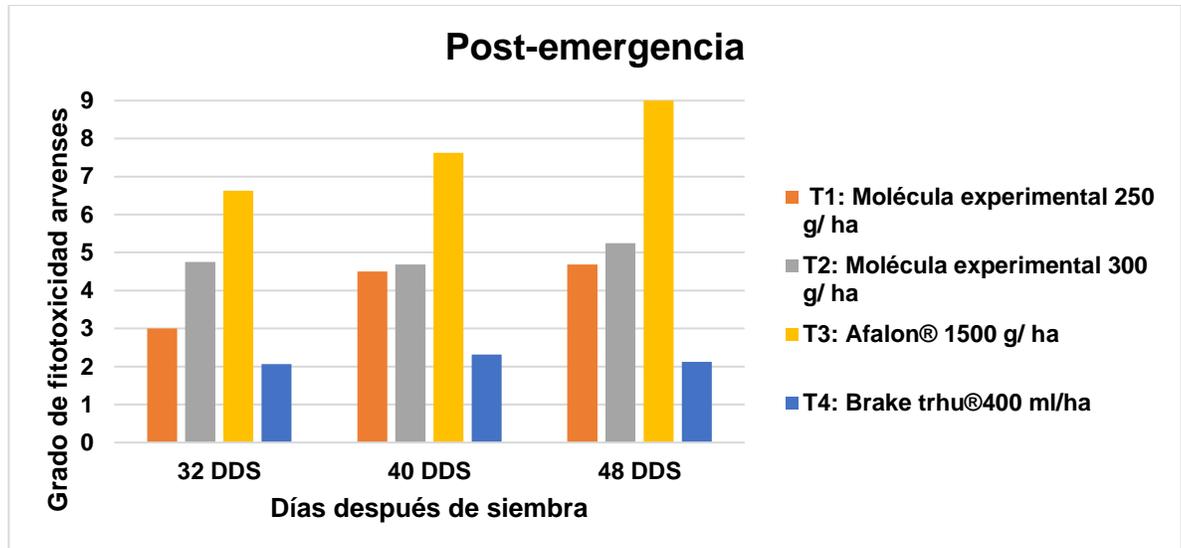
**Gráfico 10. Grado de fitotoxicidad pasto Post-emergencia.**



### Grado de fitotoxicidad arvenses

La fitotoxicidad causada a las arvenses tiene un comportamiento similar para ambas dosificaciones entre el grado 4 y 5 en los muestreos de los 40 y 48 DDS, con un pequeño aventajamiento de la dosis más alta.

**Gráfico 11. Grado de fitotoxicidad arvenses Post-emergencia.**



### Peso de pasto (g.)

En el análisis de Varianza se observa que ninguna de las medias de los tratamientos es diferente, ya que el p-valor calculado (0,0765) es mayor que el  $\alpha$  asociado (0,05). En vista de este resultado y para confirmar, se realizó una prueba de diferencia de medias por la prueba de Tukey, donde efectivamente no se encuentra una diferencia estadística significativa entre la media del peso del pasto. En el trabajo de Rivas, Castillo y Ortega (2009), evaluaron la biomasa del pasto *B. brizantha* durante la aplicación de herbicidas post-emergentes, para el caso del Imazethapyr, tuvo diferencia significativa contra el testigo absoluto, en la acumulación de materia seca en dosis de 0,06; 0,08 y 0,1 kg a.i. ha<sup>-1</sup> al igual que en triple aplicación con intervalo de 21 días entre cada aplicación con una dosis de 0,05 kg a.i. ha<sup>-1</sup>.



### **Peso de arvenses (g.)**

Teniendo esto en cuenta, se realizó una prueba de diferencia de medias por la prueba de Tukey, donde efectivamente no se encuentra una diferencia estadística significativa entre la media del peso de las arvenses como lo mencionado en la investigación de Rivas, Castillo y Ortega (2009), donde evaluaron la biomasa de las arvenses durante la aplicación de herbicidas post-emergentes, para el caso del Imazethapyr, tuvo diferencia significativa contra el testigo absoluto, en la acumulación de materia seca en arvenses herbáceas en dosis de 0,06; 0,08 y 0,1 kg a.i. ha<sup>-1</sup> al igual que en doble y triple aplicación con intervalo de 21 días entre cada aplicación con una dosis de 0,05 kg a.i. ha<sup>-1</sup>, pero no hubo diferencias estadísticas en la acumulación de biomasa en arvenses arbustivas.

### **Número de individuos de especies hoja angosta (No\*25 cm<sup>2</sup>)**

En el análisis de Varianza se observa que al menos una de las medias de los tratamientos es diferente, ya que el p-valor calculado (0,008) es menor que el  $\alpha$  asociado (0,05). Considerando esto, se realizó una prueba de diferencia de medias por el test de Tukey, donde efectivamente se encuentra una diferencia estadística significativa entre la media del número de individuos de especies hoja angosta. Se encontró que había menor número de individuos de especies hoja angosta en el tratamiento 3 (Afolon) ( $0,6 \pm 0,65$ ), indicando que causa bastante afectación a las especies de hoja angosta por lo que tiene un comportamiento más enfocado posiblemente a la no selectividad, se halló un comportamiento estadísticamente similar entre los tres tratamientos, el tratamiento 2 ( $3,4 \pm 0,65$ ), el tratamiento 1 ( $3,8 \pm 0,65$ ), finalmente el tratamiento 4 ( $3,8 \pm 0,65$ ), ya que era el tratamiento control, presento los

valores más altos del número de individuos de especies de hoja angosta. Esto indica que, sin importar la dosificación de la molécula evaluada, esta no causa mucho daño a las especies de hoja angosta. Govindasamy *et al.* (2021), en Herbicide effect on weed control, soil health parameters and yield of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.), encontro que Imazethapyr utilizado en Preemergencia en una dosis de 0,1 kg i.a. ha<sup>-1</sup>, redujo las arvenses gramíneas en un 75 %, sin dañar el cultivo a los 25 días después de la siembra (DDS), encontrándose solo 8 plantas \* m<sup>-2</sup> después de este tiempo de muestreo. Su uso en postemergencia tiene un comportamiento similar, hallando a los 50 DDS tambien únicamente 8 plantas \* m<sup>-2</sup>.

## 12 Número de individuos de especies hoja ancha (No\*25 cm2)

En el análisis de Varianza se observa que al menos una las medias de los tratamientos son diferentes, ya que el p-valor calculado (0,0006) es menor que el  $\alpha$ = asociado (0,05). Teniendo esto en cuenta, se realizó una prueba de diferencia de medias por la prueba de Tukey, donde efectivamente se encuentra una diferencia estadística significativa entre la media del número de individuos de especies de hoja ancha. Se encontró que había menor número de individuos de especies hoja ancha en el tratamiento 3 (Afolon) ( $2 \pm 0,75$ ), indicando que causa bastante afectación a las especies de hoja angosta por lo que no es un herbicida no selectivo. Además se evidencia que 3 de los tratamientos tienen un comportamiento estadísticamente similar empezando por el tratamiento 1 ( $6,4 \pm 0,75$ ), el tratamiento 2 ( $6,4 \pm 0,75$ ) y el tratamiento 4 ( $7,2 \pm 0,75$ ), lo que indica que ambas dosificaciones la molécula evaluada causa poco daño a las arvenses de hoja ancha en su número de individuos como lo mencionado en el estudio Govinda samy *et al.* (2021), donde se encontró, que el Imazethapyr era mucho menos eficiente a la hora de controlar arvenses de hoja angosta, ya que a los 25 DDS, había 25 plantas/ m<sup>-2</sup>, al usar



**UDECA**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA



este ingrediente activo en postemergencia tiene un comportamiento similar para esta variable de respuesta, encontrándose a los 50 DDS 18 individuos \* m<sup>-2</sup>.

### **Análisis de medidas indirectas**

Para las variables Tasa de crecimiento relativo se encontró que el tratamiento que obtuvo el valor más alto en promedio, fue la molécula experimental de 250 g/ha con 0.11 g/(g día), seguido del tratamiento con Brake trhu® 400 ml/ha el cual tuvo un valor promedio de 0.07 g/(g día), mientras que el tratamiento T3 (Afalón) fue el más bajo con promedio de 0 g/(g día), esto último se debió a que este es un herbicida no selectivo que no permite el desarrollo de arvenses ni del pasto para la primera variable.

Para la Tasa de asimilación neta, el tratamiento 4, obtuvo el valor más alto dado al incremento de material vegetal por unidad de tiempo, ya que al tener mayor índice de área foliar hace que se incremente la TAN, con un valor promedio de 0.008 g/(cm<sup>2</sup>/día), seguido por el tratamiento 1, con un valor promedio de 0.005 g/(cm<sup>2</sup>/ día), seguido del tratamiento 2 con valor promedio de 0.004 g/(cm<sup>2</sup>/ día, el tratamiento con la menor ganancia fue el tratamiento T3 con valor promedio de 0 g/(cm<sup>2</sup>/ día), los valores obtenidos solo se tomaron en 2 muestreos a los 40 y 48 días.

En el caso del Duración de área foliar las plantas de pasto se tomaron las muestras de cada tratamiento por 1 m<sup>2</sup> en los mismos días anteriormente nombrados, en donde el promedio final de la Molécula experimental 300 g/ ha fue el mayor con 357,20 cm/día, seguido por el Molécula experimental 250 g/ ha con promedio final de 284.97 cm/día, el testigo (Brake trhu® 400 ml/ha) fue el que menor DAF promedio tuvo, ya que al finalizar el estudio este solo obtuvo 191,93 cm/día.

Área total específica en plantas de pasto, el promedio final del tratamiento 2 fue el mayor con 23.05 cm<sup>2</sup>/g, seguido por el tratamiento 3 el cual obtuvo como

valor promedio final de  $14.53 \text{ cm}^2/\text{g}$ , el testigo fue el que menor AFE promedio tuvo, ya que al finalizar el estudio este solo obtuvo  $8.13 \text{ cm}^2/\text{g}$ .

**Tabla 3. Intervalos de tiempo (Días) y valores promedios calculados**

Variables	Días	Tratamientos				Unidades
		Molécula experimental 250 g/ ha	Molécula experimental 300 g/ ha	Afalon® 1500 g/ ha	Brake trhu® 400 ml/ha	
Tasa de crecimiento relativo (TCR)	40-48	0,11	0,05	0	0,07	g/(g día)
Tasa de Asimilación Neta (TAN)	40-48	0,005	0,004	0	0,008	g/(cm <sup>2</sup> día)
Duración de Área Foliar (DAF)	40-48	284,97	357,20	0	191,93	cm/día
Área Foliar Específica (AFE)	40-48	23.05	14.53	0	8.13	cm <sup>2</sup> /g

### 13 Conclusiones

Para la etapa de pre- emergencia son datos no arrojan diferencias significativas para las variables evaluadas de tal manera se concluye que las diferencias entre los tratamientos se visualizan desde la tercera semana después de haber realizado la siembra y la primera aplicación.

Se concluye que en la etapa post- emergente se observó un mejor comportamiento del tratamiento 2 (dosis de 300 g/ha), para las variables porcentaje de cobertura en pasto y grado de fitotoxicidad en pasto y arvenses, así mismo para preemergencia se observó un menor porcentaje en cobertura de arvenses y mayor fitotoxicidad a las mismas, con esta misma dosis. Para las variables porcentaje de eficiencia de control e índice de control en post-emergencia fue ligeramente mejor el tratamiento de dosis 250 g/ha.

Se determinó que los residuos de los tratamientos aplicados en la investigación pueden influir en los resultados arrojados en la segunda etapa del proyecto (post-emergencia), esto teniendo en cuenta no fue posible realizar un diagnóstico después de la segunda aplicación para conocer como estos influían en las variables evaluadas en este trabajo.

Por último, se concluye que algunas variables no pudieron ser justificadas, (Análisis de medidas indirectas, entre otras) dado a la poca información que se tiene de estas, por lo tanto, este trabajo se tendrá como el primero en brindar una base para futuras investigaciones de este tipo.



### **Recomendaciones**

Esta molécula se podría utilizar de mejor forma en post emergencia temprana para el cultivo de pasto, ya que según lo encontrado referente a las imidazolinonas y su grado de toxicidad para el pasto en la etapa temprana de crecimiento, le permite recuperarse mejor para continuar con su ciclo biológico, utilizándose a la dosis antes recomendada, tanto la presencia del grupo ftalilo como el de las ya mencionadas, se estabilizan, evidenciándose también como existe un aumento del peso del pasto, lo que nos indicaría un mejor crecimiento y acumulación de materia seca.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación se pudo visualizar una contradicción con la literatura, debido a esto es de gran importancia continuar con los estudios de esta molécula, en diferentes cultivos tanto de hoja ancha como de angosta, para definir con mayor claridad su selectividad, así como el porcentaje o cantidad de cada uno de los grupos químicos presentes es la misma (concentración de los ingredientes activos), lo que permitiría realizar una mejor dosificación de uso generalizado en los cultivos de interés.



## Bibliografía

- Anzalone, Alvaro. 2017. *Herbicidas: Modos y Mecanismos de acción en Plantas*. Universidad Centro Occidental “Lisandro Alvarado” Decanato de Agronomía, Departamento de Fitotecnia.
- Basf Se. (2023). Break Thru®, Coadyuvante para agroquímicos: Ficha Técnica. <https://agriculture.basf.com/mx/es/proteccion-de-cultivos-y-semillas/productos/break-thru.html>
- Beck, J. J., & Chou, S. C. (2007). The structural diversity of phthalides from the Apiaceae. *Journal of Natural Products*, 70(5), 891–900. [https://doi.org/10.1021/NP0605586/SUPPL\\_FILE/NP0605586SI20070427\\_022107.PDF](https://doi.org/10.1021/NP0605586/SUPPL_FILE/NP0605586SI20070427_022107.PDF)
- Boschini, C, Dormond, H., & Castro, A. (2000). *A. Composición química de la morera (Morus alba), para uso en la alimentación animal: densidades y frecuencias de poda*.
- Brachiaria decumbens stapf(CIAT-606) (Pasto Peludo) tltid.* (1991). 13. <https://agriperfiles.agri-d.net/display/n105874>
- Cárdenas, J., S.Davis, frank, & Doll, J. (1995). Principios de la selectividad de los Herbicidas. *CIAT*. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/71491/66952.pdf?sequence=1>
- Cardona, E. M., Rios, L. A., & Peña, J. D. (2012). Availability of Grasses and Forages as Potential Lignocellulosic Materials for Bioethanol Production in Colombia. (
- Corpoica. (1994). *Producción de pastos en el piedemonte llanero*. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6591/1/166.pdf>



UDEC  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA



De la Cruz E, Bravo V, & Ramírez F. (2022). Manual de plaguicidas de Centroamérica. . . *Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (IRET)*. . <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>

Draber, W., & Fujita, T. (1992). *Rational approaches to structure, activity, and ecotoxicology of agrochemicals*. CRC Press.

<https://www.routledge.com/Rational-Approaches-to-Structure-Activity-and-Ecotoxicology-of-Agrochemicals/Draber-Fujita/p/book/9780849358593>

Eberlein, C. V., & Guttieri, M. J. (1994). "*Potato (Solanum tuberosum) Response to Simulated Drift of Imidazolinone Herbicides.*"

Esperbent, C. (2015). *Malezas: el desafío para el agro que viene*.  
<https://www.redalyc.org/pdf/864/86443147004.pdf>

Esqueda-Esquivel, V. A., Montero-Lagunes, M., & Juárez-Lagunes, F. I. (2009). "El control de arvenses en la productividad y calidad del pasto Llanero."

Guerrero, N. R., Quintero, M. A. O., & Naranjo, J. C. P. (2012).

"Determinación del Área Foliar en Fotografías Tomadas con una Cámara Web, un Teléfono Celular o una Cámara Semiprofesional."

Hernández, M., & Herrera, F. (2004). Selectividad de herbicidas en presiembra y postemergencia temprana en los pastos *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*. *Biblat*.  
<https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-de-agricultura-tropical>

Houbion, J., & Schafer, D. (1978). *3-Phenacylidene phthalide safening agents*. *Estados Unidos*.

Hunt, R. (1978). *Plant growth analysis*. *Edward Arnold Publishers, London*.

Jäger, G. (1983). *Herbicides*. In: *Chemistry of pesticides*. 322–392.



UDEC  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA



- Karmakar, R., Pahari, P., & Mal, D. (2014). Phthalides and phthalans: Synthetic methodologies and their applications in the total synthesis.
- Lamberth, C., & Dinges, J. (2012). *Bioactive Heterocyclic Compound Classes*.
- León, A., Del-Ángel, M., Ávila, J. L., & Delgado, G. (2017). "Phthalides: Distribution in Nature, Chemical Reactivity, Synthesis, and Biological Activity." ("Phthalides: Distribution in Nature, Chemical Reactivity, Synthesis, and ...") *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*, 104, 127–246. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45618-8\\_2/TABLES/5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45618-8_2/TABLES/5)
- Manabe, Y., Tinker, N., Colville, A., & Miki, B. (2007). *The sole target of imidazolinone herbicide in Arabidopsis thaliana*.
- Martinez, F. (2021). *Pasto Peludo (Brachiaria decumbens)*. <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-peludo-brachiaria-decumbens/>
- Melgarejo, L., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez Diego, Pérez Laura Victoria, Rojas Andrea, Cruz Marisol., Moreno Leonardo., Crespo Sandra., & Pérez Walter. (2010). *Experimentos en Fisiología Vegetal*. [http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad\\_de\\_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas\\_Libros/Biologia/Experimentos\\_en\\_fisiologia\\_Vegetal/ExperimentosEnFisiologiaVegetal.pdf](http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Biologia/Experimentos_en_fisiologia_Vegetal/ExperimentosEnFisiologiaVegetal.pdf)
- Metzler MJ, & Ahumada M. (2017). Evaluación de herbicidas residuales preemergentes para el control de Echinochloa crus-galli en Entre Ríos. INTA EEA . <https://malezascrea.org.ar/wp-content/uploads/2018/10/Control-Echinochloa-crus-galli-en-Entre-R%C3%ADos-M.-Metzler-y-M.-Ahumada.pdf>



UDEC  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA



Ministerio de Salud. (1991, July). *DECRETO No. 1843 DE 1991.*

[http://proyectos.andi.com.co/es/PC/SobProANDI/Documentos Sobre Procultivos ANDI/Decreto1843\\_1991\\_plaguicidas.pdf](http://proyectos.andi.com.co/es/PC/SobProANDI/Documentos Sobre Procultivos ANDI/Decreto1843_1991_plaguicidas.pdf)

Mostacedo B, Fredericksen T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal* [Internet]. Santa Cruz, Bolivia.

Disponible en: <http://www.biologica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>

Murillo, F. H., & Chaves, M. H. (2005). Respuesta de los pastos *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *B. decumbens* a herbicidas posemergentes con acción graminicida. *Agr. Trop.*

<https://repositorio.ucr.ac.cr/handle/10669/78538>

Nuñez, H. (2009). *Manual de Pastos y Forrajes.*

[https://www.academia.edu/34428929/pastos\\_y\\_forrajes\\_pastos\\_y\\_forrajes\\_instituto\\_nacional\\_tecnológico\\_dirección\\_general\\_de\\_formación\\_profesional\\_manual\\_del\\_protagonista\\_especialidad\\_agropecuaria\\_nivel\\_de\\_formación\\_técnico\\_general](https://www.academia.edu/34428929/pastos_y_forrajes_pastos_y_forrajes_instituto_nacional_tecnológico_dirección_general_de_formación_profesional_manual_del_protagonista_especialidad_agropecuaria_nivel_de_formación_técnico_general)

Olivera, Y., Machado, R., & Del Pozo, P. P. (2006). "*Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género Brachiaria.*"

ONU. (2017, June 21). *La población mundial aumentará en 1.000 millones para 2030 | ONU DAES | Naciones Unidas Departamento de Asuntos Económicos y Sociales.* ("Actividad 1 Segmentacion DE Mercados - Studocu")

<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>

Ortiz Aída, Pérez Pedro, Anzalone Álvaro, Zambrano Castor, Torres Sandra, Quintana Yinerby, López Aída, López Luis y Fischer Albert. "Resistencia



de *Fimbristylis littoralis* Gaudich a imazapir+imazetapir y su control con otros herbicidas en el cultivo de arroz."

Parker, J. C., & Casely, C. (1996). Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal -. In *Agriculture*.

PERC & EPA. (2018). Ley Nacional de Protección al Trabajador: Manual para Capacitadores de Trabajadores Agrícolas y Manipuladores de Pesticidas Situaciones y sugerencias: *Definiciones de terminología mas común Glosario*. <https://pesticideresources.org/wps/tt/manual/glossary.es.pdf>

Perea J. y Navas, J. (1981). Estudios de erosión en el Centro Regional de Investigación Macagual (Amazonia colombiana). *1er. Congreso Nacional de La Ciencia Del Suelo: VII Coloquio de Suelos. Uso y Manejo de Los Suelos de La Orinoquía y Amazonia. Programa Resúmenes de Trabajos, Resumen de Conferencias. Villavicencio. Colombia.*

Ramírez Ospina, C., & Rodríguez Alvarado, Z. R. (2015). *Evaluación de tres genotipos de habichuela (Phaseolus vulgaris l.) tipo voluble bajo condiciones de invernadero en la granja la esperanza [Universidad de Cundinamarca]*.

Rivas, F. R., Castillo Huchim, J., & Ortega Reyes, L. (2009). Selectividad de herbicidas y control de malezas para establecer una asociación *Brachiaria brizantha-Leucaena leucocephala*. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61312114001>

Rodríguez Tineo, E. (2000). Protección y sanidad vegetal. Combate y control de malezas. In *Maíz en Venezuela*. [https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_4/mod\\_virtuales/modulo3/3.pdf](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/modulo3/3.pdf)



UDEC  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA



- Romero Artemisa, Guillermo James Molina, Jorge A, & Castellanos, H. (2002). Tendencias en la síntesis de herbicidas. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 46(1).  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47546110>
- Rosales, E., Ricardo, R., & De La Cruz, S. (2006). "Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción."
- Sandral, G. (2003). *The tolerance of three transgenic subterranean clover ( Trifolium subterraneum L .) lines with the bxn gene to herbicides containing bromoxynil The tolerance of three transgenic subterranean clover ( Trifolium subterraneum L .) lines with the bxn gene to .*
- Smith, A. E., & Martin, L. D. (2017). Weed Management Systems for Pastures and Hay Crops. *Handbook of Weed Management Systems*, 477–517.  
<https://doi.org/10.1201/9780203752470-12>
- Villalobos, L., & Montiel, M. (2015). Características taxonómicas de pastos brachiaria utilizados en costa rica 1. *Nutrición Animal Tropical*, 9(1), 39–56.  
<http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/19391/19457>