



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE CIENCIA
ANIMAL

Trabajo de Tesis

Efecto de herbicida preemergente en el establecimiento de *Urochloa brizantha* cv. Marandú y híbridos Mestizo blend y Confort 1005, finca Santa Rosa, 2024.

Autores

Br. Karla Guadalupe González Ortiz
Br. Rebeca Guadalupe Zepeda Velásquez

Asesores

MSc. Wendell Antonio Mejía Tinoco
Ing. Russell Virgilio Iglesias Espinoza

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE CIENCIA
ANIMAL

Trabajo de Tesis

Efecto de herbicida preemergente en el establecimiento de
Urochloa brizantha cv. Marandú y híbridos Mestizo
blend y Confort 1005, finca Santa Rosa, 2024.

Autores

Br. Karla Guadalupe González Ortiz
Br. Rebeca Guadalupe Zepeda Velásquez

Asesores

MSc. Wendell Antonio Mejía Tinoco
Ing. Russell Virgilio Iglesias Espinoza

**Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado
de Ingeniero Zootecnista**

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2025

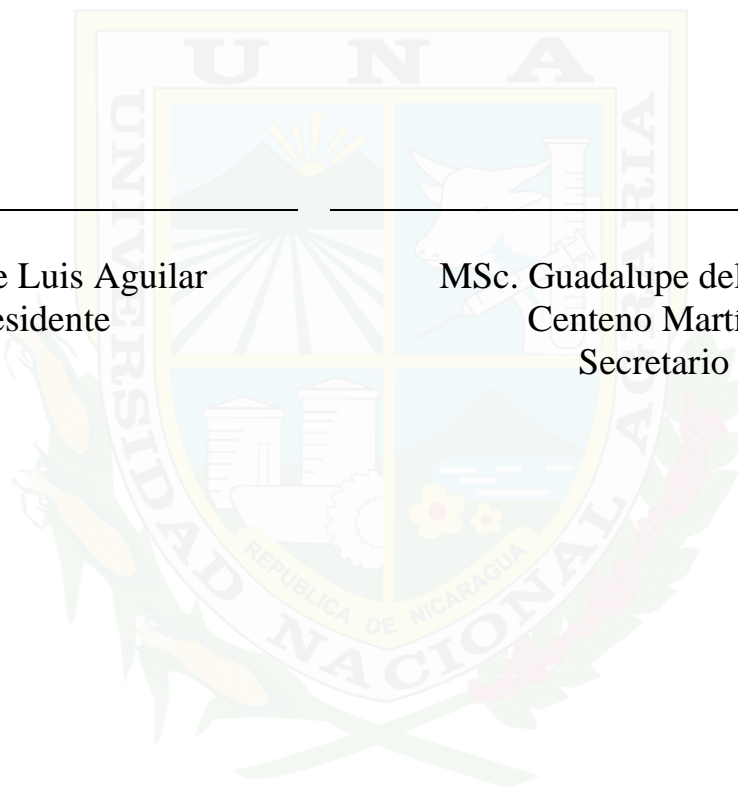
Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la dirección específica de Ciencia Animal como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Zootecnista

Miembros del Comité Evaluador

Ing. Jorge Luis Aguilar
Presidente

MSc. Guadalupe del Carmen
Centeno Martínez
Secretario



Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 07 de noviembre 2025

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este logro a Dios, por ser mi guía, mi fuerza y mi luz en cada paso de mi vida. Gracias por sostenerme en los momentos difíciles, por darme esperanza cuando parecía imposible continuar y por permitirme alcanzar esta meta que hoy celebro con humildad y gratitud.

A mis padres, Jamileth Ortiz y Juan González, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus innumerables sacrificios. Gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y por estar siempre a mi lado, celebrando mis triunfos y apoyándome en mis desafíos.

A mis abuelos paternos y maternos, refugio de cariño y sabiduría, gracias por su apoyo inquebrantable y por compartir conmigo cada alegría y desafío de este camino. Su ejemplo de vida y su amor constante han dejado una huella imborrable en mi corazón.

A mi tío Sergio Ortiz y a mi hermano Eydan Ortiz, por su amor, compañía y motivación constante. Su presencia y palabras de aliento han hecho que este camino fuera más ligero y lleno de alegría.

Les debo no solo este logro académico, sino también la confianza, el amor y la fortaleza que me han permitido crecer y convertirme en la persona que soy hoy. Este triunfo es tan mío como de ustedes, y lo guardo en mi corazón con eterna gratitud. Los amo.

Br. Karla Guadalupe González Ortiz

DEDICATORIA

A Dios, por sobre todas las cosas, por darme salud, fortaleza, sabiduría y perseverancia para llegar hasta aquí y enfrentar cada obstáculo sin rendirme.

Especialmente con mucho amor y orgullo a mi madre, Sheila Patricia Velásquez Urcuyo, por su amor incondicional, por ser mi pilar, mi mayor motivación e inspiración, este logro no sería posible sin su apoyo, sacrificios y oraciones. Por sus consejos, regaños y valores inculcados a lo largo de mi vida.

A mi papá, Nelson Enrique Gutiérrez Galo, quien con su amor y entrega ha demostrado ser un claro ejemplo de que ser padre no es engendrar, sino criar, guiar y acompañar.

A mi ángel, mi mamita linda, Mercedes Montenegro (QEPD), quien fue mi cómplice y siempre motivo a seguir mis sueños, desde donde te encuentres te mando un beso y abrazo. Te amo con el alma.

Y, por último, a mis gatos, quienes fueron fieles compañeros de desvelos y silencio, y cuya compañía fue un alivio en momentos de estrés, haciendo más llevadero este camino.

Br. Rebeca Guadalupe Zepeda Velásquez

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios, por ser fuente constante de vida, fortaleza y esperanza. Gracias a su guía y a las fuerzas que me concedió, pude mantener la perseverancia necesaria desde el inicio de mi carrera hasta la culminación de este trabajo de tesis.

A mis padres, abuelos y a mi tío, quienes han estado siempre presentes con su cariño, sabios consejos y apoyo inquebrantable; gracias por acompañarme en cada paso de este camino y por ser parte esencial de este logro. Cada palabra de aliento, cada sacrificio y cada muestra de amor de su parte me dieron la fuerza necesaria para llegar hasta aquí.

A las personas que caminaron conmigo durante esta etapa, brindándome consejos y palabras de aliento cuando más lo necesité: Ariel Caldera, Meveling Espinoza, Jonathan Ramírez, Paola Jarquín y Stefany García. A mi mejor amiga y compañera de tesis, Rebeca Zepeda, gracias por el apoyo incondicional, compañerismo y amistad sincera durante todo este proceso. Los quiero mucho.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi asesor, MSc. Wendell Mejía, por su apoyo, orientación y por compartir sus conocimientos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de este estudio.

Agradezco a la Dirección de Deportes y a cada uno de los miembros que la integran, por el constante apoyo. En especial, al Lic. José Luis Delgado, Deyanira Espinoza y al coach Martín Amador, por su motivación, confianza y por brindarme un espacio que contribuyó tanto a mi desarrollo deportivo como personal.

Finalmente, extendiendo mi agradecimiento a todas las personas que, de manera directa o indirecta, aportaron a mi crecimiento académico y personal. Cada experiencia vivida durante este proceso ha contribuido a mi formación como profesional y como ser humano, dejando en mí aprendizajes que llevaré siempre conmigo.

Br. Karla Guadalupe González Ortiz

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, por su amor infinito, por permitirme culminar una etapa importante que marca un antes y un después en mi vida, por nunca soltarme en momentos de frustración cuando sentí que no podía más. A mis padres y hermano por su apoyo, su amor y comprensión, gracias por confiar y creer en mí, son un pilar fundamental en mi vida, los amo.

Agradecimiento especial a mi compañera de tesis y mejor amiga Karla González, por tu compañía a lo largo de la carrera, por compartir conmigo el mismo objetivo, por tu confianza y paciencia, por cada carcajada y llorada, por tu cariño, apoyo moral y consejos, muchas gracias por todo, te quiero y que Dios te bendiga y guarde de cualquier mal.

A mis compañeros y amigos lindos, Meveling Espinoza, Paola Jarquín, Ariel Caldera, Jonathan Ramírez, Dereck Quintero, con quienes compartí no solo clases, sino también momentos de alegrías, cansancio y aprendizajes e hicieron este camino una experiencia más llevadera. También agradecer a Juan Muñoz y Kenner Téllez por su motivación y visita durante la fase de campo de este estudio. Se les quiere y aprecia mucho.

Agradezco a mis compañeros de trabajo el Team Veterinaria Arguello por ser buenos compañeros, por motivarme, animarme y aconsejarme. De manera Especial a mis jefes y amigos Ing. zootecnista Carla Álvarez y Mv. Jefferson Arguello por abrirme las puertas de su negocio y casa, por depositar en mí su confianza, gracias por creer en mis capacidades, por sus enseñanzas y cariño, ustedes son parte fundamental de este proceso.

Por último, pero no menos importante a nuestro asesor MS.c Wendell Mejía, por brindarnos su tiempo y conocimientos durante este proceso y formación académica, gracias por confiar en nosotras y recordarnos que somos buenas en todo lo que nos proponemos.

A todos, los quiero con el corazón, gracias, Dios los bendiga y guarde.

Br. Rebeca Guadalupe Zepeda Velásquez

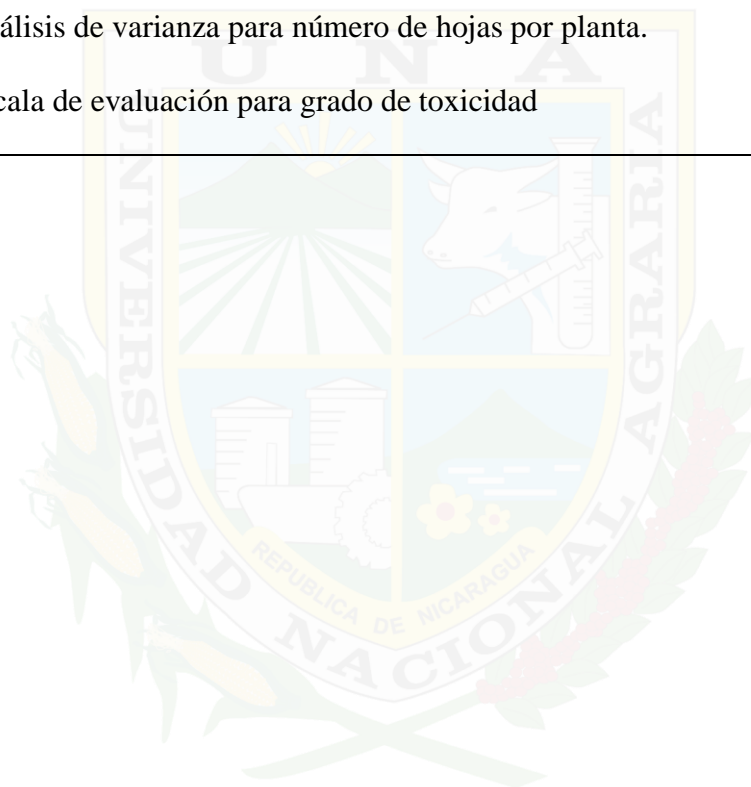
ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
III. MARCO DE REFERENCIA	3
3.1 ¿Qué es un herbicida?	3
3.2 Clasificación de los herbicidas	3
3.2.1 Época de aplicación	3
3.2.2 Selectividad	4
3.2.3 Tipo de acción	4
3.2.4 Familia química	5
3.2.5 Modo y mecanismo de acción	5
3.3 Uso de herbicidas en la producción de pastos	11
3.4 Importancia del uso de herbicidas preemergentes	11
3.5 Problemas con el uso de herbicida	12
3.6 Fitotoxicidad	14
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1. Ubicación geográfica del área de estudio	15
4.2. Condiciones agroclimáticas	15
4.3. Diseño metodológico	15
4.4. Diseño experimental	15
4.4.1. Modelo lineal general	16
4.4.2. Área de estudio	16

4.5.	Manejo Agronómico	16
4.5.1.	Preparación y delimitación del terreno	16
4.5.2.	Tratamiento de la semilla	17
4.5.3.	Siembra	17
4.5.4.	Aplicación de herbicida	17
4.5.5.	Manejo de plagas	17
4.6.	VARIABLES EN ESTUDIO	17
4.6.1.	Índice de velocidad de emergencia (IVE)	17
4.6.2.	Porcentaje de emergencia	18
4.6.3.	Diámetro del tallo (mm)	18
4.6.4.	Altura de la planta (cm)	18
4.6.5.	Número de hoja por planta	18
4.6.6.	Fitotoxicidad	19
4.7.	Análisis de datos	19
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1	Índice de velocidad de emergencia (IVE)	20
5.2	Porcentaje de emergencia	22
5.3	Diámetro del tallo (mm)	23
5.4	Altura de la planta (cm)	25
5.5	Número de hojas por planta	27
5.6	Fitotoxicidad	29
VI.	CONCLUSIONES	31
VII.	RECOMENDACIONES	32
VIII.	LITERATURA CITADA	33
IX.	ANEXOS	37

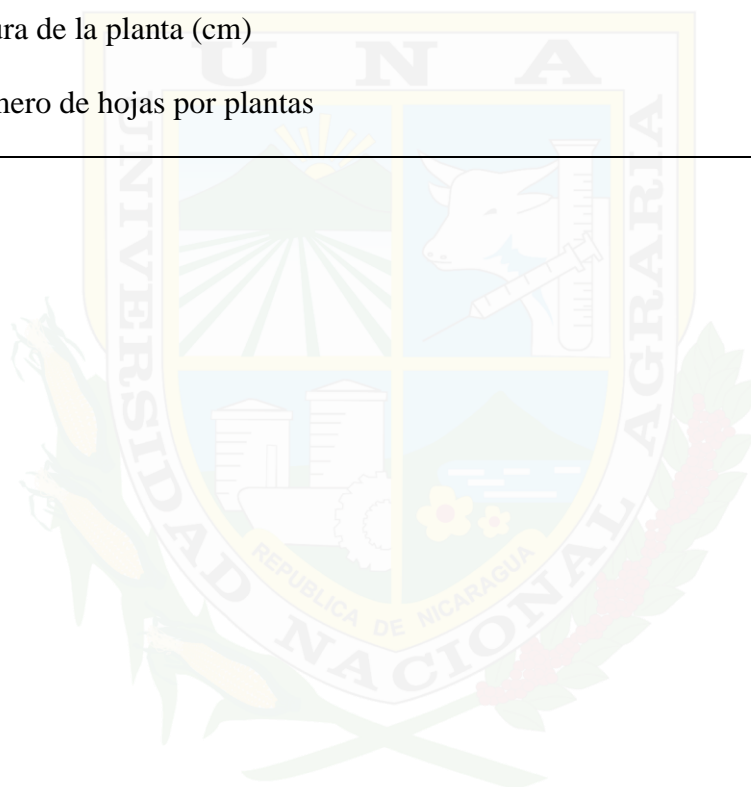
ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Análisis de varianza para porcentaje de emergencia	22
2.	Análisis de varianza bifactorial para diámetro del tallo (mm).	24
3.	Análisis de varianza para altura de la planta (cm)	26
4.	Análisis de varianza para número de hojas por planta.	28
5.	Escala de evaluación para grado de toxicidad	29



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Índice de velocidad de emergencia	21
2.	Porcentaje de emergencia.	22
3.	Diámetro del tallo (mm).	24
4.	Altura de la planta (cm)	26
6.	Número de hojas por plantas	28



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Ubicación del área de estudio	37
2.	Delimitación del área de estudio	37
3.	Delimitación de las parcelas experimentales	37
4.	Pesaje de semillas	38
5.	Semillas tratadas con insecticida	38
6.	Pesaje de dosis de atrazina	38
7.	Siembra de semillas	39
8.	Aplicación de dosis de herbicida (atrazina)	39
9.	Conteo de plántulas emergidas	39
10.	Plántulas al 5 día post siembra con daño fitotóxico (clorosis leve)	40
11	Medición de altura (cm) de las plantas a los 30 días post siembra	40
12	Medición de diámetro del tallo (mm) de las plantas a los 30 días post siembra	40
13	Formato para conteo diario de plántulas emergidas por repetición y tratamiento	41
14	Plano de campo	41

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de un herbicida preemergente en el establecimiento de *Urochloa brizantha* cv. Marandú CIAT 6294, *Urochloa* híbridos CIAT 36087, CIAT BR02/0465, CIAT BR02/1794, híbrido Mestizo Blend e *Urochloa* híbrido CIAT GP1005BR, híbrido Confort. El estudio se realizó en la finca Santa Rosa, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, durante el año 2024. Se empleó un diseño bifactorial con seis tratamientos y tres repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales. Los factores evaluados fueron: tres híbridos de *Urochloa* y dos dosis de herbicida (con y sin aplicación). Las variables analizadas fueron índices de velocidad de emergencia (IVE), porcentaje de emergencia, diámetro de tallo, altura de la planta, número de hojas por planta y grado de fitotoxicidad. Los datos fueron analizados mediante un ANDEVA utilizando el software Minitab 17. Los resultados evidenciaron que la aplicación de atrazina redujo la velocidad y porcentaje de emergencia, así como el número de hojas por planta, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en la altura y diámetro del tallo. El cultivar marandú destacó con el mejor comportamiento en todas las variables, mostrando mayor tolerancia al herbicida en comparación con los híbridos mestizo blend y confort. En cuanto a la variable de fitotoxicidad se observaron síntomas leves de clorosis y atrofia clasificados en grado 1 y 2 según la escala de ALAM (1974), correspondiente a daño de leve a pobre. En conclusión, la aplicación de herbicida preemergente atrazina en dosis adecuadas no afectan significativamente el establecimiento de los pastos evaluados siendo una alternativa viable para el control de malezas durante la etapa inicial de siembra.

Palabras clave: Atrazina, fitotoxicidad, índice de velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of a preemergent herbicide on the establishment of *Urochloa brizantha* cv. Marandu CIAT 6294, *Urochloa* hybrids CIAT 36087, CIAT BR02/0465, CIAT BR02/1794, Mestizo Blend hybrid, and *Urochloa* hybrid CIAT GP1005BR, Confort hybrid. The study was conducted at the Santa Rosa farm, owned by the National Agrarian University, during 2024. A two-factor design with six treatments and three replicates was used, for a total of 18 experimental units. The factors evaluated were: three *Urochloa* hybrids and two herbicide doses (with and without application). The variables analyzed were emergence velocity index (IVE), emergence percentage, stem diameter, plant height, number of leaves per plant, and degree of phytotoxicity. The data were analyzed using ANDEVA with Minitab 17 software. The results showed that the application of atrazine reduced the speed and percentage of emergence, as well as the number of leaves per plant; however, no significant differences ($P \geq 0.05$) were found in stem height and diameter. The Marandu cultivar stood out with the best performance in all variables, showing greater tolerance to the herbicide compared to the Mestizo Blend and Confort hybrids. In terms of phytotoxicity, mild symptoms of chlorosis and atrophy were observed, classified as grade 1 and 2 according to the ALAM scale (1974), corresponding to mild to poor damage. In conclusion, the application of preemergent herbicide atrazine in adequate doses does not significantly affect the establishment of the grasses evaluated, making it a viable alternative for weed control during the initial planting stage.

Keywords: Atrazine, phytotoxicity, emergence velocity index, emergence percentage

I. INTRODUCCIÓN

Las malezas representan uno de los principales desafíos bióticos en la agricultura, ya que compiten intensamente con los cultivos durante sus primeros 30 días de su desarrollo, causando plantas débiles, de menor tamaño y producción reducida (Castro, 2017, p.1).

Las pasturas son fundamentales para la ganadería, pero enfrentan una fuerte competencia con las malezas por recursos esenciales como agua, luz, calor, dióxido de carbono, oxígeno y nutrientes minerales necesarios para su crecimiento. En presencia de malezas, las plantas forrajeras tienden a competir reduciendo su crecimiento en macollos y elevando sus hojas para mejorar la captación de luz solar. Este efecto provoca un aumento en los niveles de lignina, lo que deteriora la calidad del forraje (Comastri, 2022).

Hernández y Herrera (2004) evaluaron en condiciones de invernadero, la selectividad de herbicidas aplicados en presiembra y post emergencia temprana (etapa de tres a cinco hojas) en los pastos *Panicum maximum* cv. Tanzania, *Brachiaria brizantha* cv. Diamantes 1 y B. *decumbens* cv. Peludo, teniendo como resultado que el uso de atrazina ya sea solo o en combinación con otros herbicidas como acetocloro y glifosato, no lograron controlar todas las malezas dicotiledóneas en el estudio. Sin embargo, todas las mezclas que incluyeron atrazina mostraron efectividad en el control de malezas monocotiledóneas. Además, la atrazina demostró ser selectiva para el cultivo de maíz, sin afectar la emergencia, densidad, altura de las plantas, ni el rendimiento de mazorcas, tallos y hojas, mejorando los rendimientos de producción de biomasa total de la planta (p.10).

La presente investigación se orienta a evaluar el impacto del uso de un herbicida preemergente en el establecimiento de tres variedades de pastos, Cultivar Marandú (*CIAT 6294*) e híbridos Mestizo Blend (*CIAT 3608*, *CIAT BR02/0465*, *CIAT BR02/1794*) y Confort (*CIATGP1005BR*). Con este estudio se busca no solo identificar posibles efectos fitotóxicos del herbicida, si no también generar información técnica que contribuya a optimizar las prácticas de manejo de pasturas, ofreciendo alternativas que mejoren el establecimiento de los forrajes disminuyendo la competencia de malezas y la eficiencia productiva en los sistemas ganaderos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de herbicida preemergente en el establecimiento de pastos (*Urochloa brizantha* cv. Marandú CIAT 6294), (*Urochloa híbridos* CIAT 36087, CIAT BR02/0465, CIAT BR02/1794, híbrido Mestizo Blend) e (*Urochloa híbrido* CIAT GP1005BR, híbrido Confort).

2.2. Objetivos específicos

1. Analizar las variables de establecimiento del cultivar marandú y pastos híbridos bajo el efecto de la aplicación de herbicida preemergente.
2. Determinar el daño fitotóxico del herbicida pre emergente sobre de los pastos (*Urochloa brizantha* cv. Marandú CIAT 6294), (*Urochloa híbridos* CIAT 36087, CIAT BR02/0465, CIAT BR02/1794, híbrido Mestizo Blend) e (*Urochloa híbrido* CIAT GP1005BR, híbrido Confort).

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ¿Qué es un herbicida?

El herbicida es un producto fitosanitario utilizado en la agricultura para el control, inhibición de la proliferación de las plantas indeseadas o conocidas como malas hierbas o también como malezas. Los herbicidas actúan sobre los procesos bioquímicos, como la fotosíntesis, que tiene lugar en el simplasto de la planta (Mayorga, Guillen y Diaz, 2019, p. 210).

3.2 Clasificación de los herbicidas

Los herbicidas se clasifican en diferentes criterios de acuerdo con su época de aplicación, su composición química, su mecanismo de acción, selectividad o su toxicidad.

3.2.1 Época de aplicación

Los herbicidas se pueden clasificar según su época de aplicación, por ejemplo; los herbicidas de pre-siembra (PS), preemergentes (PRE) y post emergentes (POST). Grupos, tipos y selectividad de herbicidas y sus características.

El herbicida PS es aplicado antes de la plantación del cultivo con el fin de eliminar o reducir la población de malezas y facilitar las labores en el terreno. La aplicación de los herbicidas PRE generalmente se realiza después de la siembra antes de la emergencia de la maleza y cultivo, y requieren de un riego o precipitación para situarse en los primeros 3 a 5 cm de profundidad del suelo. Este tipo de herbicida elimina las malezas después de la germinación o bien recién emergidas, evitando la competencia con el cultivo. Los herbicidas preemergentes (PRE) interactúan con diversas características del suelo, como la textura, el pH y la materia orgánica. Las dosis de este tipo de herbicidas se ajustan a la textura del suelo y a la concentración de materia orgánica (Rosales y Esqueda, 2015).

Los herbicidas post emergentes (POST) se aplican después de la emergencia tanto del cultivo como de las malezas. Generalmente la aplicación se debe de realizar sobre la maleza en sus primeros estados de desarrollo o cuando son más susceptibles a los herbicidas y su competencia con el cultivo sea mínima. La eficacia de los herbicidas post emergentes (POST) depende de

factores como el grupo químico, la especie de maleza presente y las condiciones climáticas (Rosales y Esqueda, 2015).

3.2.2 Selectividad

La selectividad de los herbicidas se refiere a la capacidad de causar el daño a ciertas especies de plantas, dependiendo de factores físicos, químicos, fisiológicos o metabólicos. (Anzalone, 2007, p. 3). Los herbicidas selectivos son los que a cierta dosis, formas y épocas de aplicación eliminan algunas plantas sin dañar a otras. Sin embargo, los herbicidas no selectivos son los que ejercen toxicidad sobre toda clase de vegetación y se deben de utilizar en terrenos sin cultivos (Caseley, 1975).

3.2.3 Tipo de acción

Los herbicidas aplicados al follaje, planta o cultivo pueden ser:

- De contacto: Las cuales ejercen su efecto únicamente sobre la planta como las hojas y tallos que ha sido cubierta con la solución; es recomendado para el control de malezas anual por tener un transporte limitado dentro de la planta. Ejemplo: Paraquat, Diquat (Cárdenas, Doll y Romero, 1975, p. 3)
- Sistémicos o translocales: Se aplican al suelo o al follaje y son absorbidos y distribuidos por toda la planta a través del floema, este herbicida ejerce su acción sobre la planta a través del sistema vascular, lo que permite actuar en partes distantes de donde se aplicó inicialmente. Ejemplo: 2,4-D que es un herbicida hormonal, Glufosinato (Cárdenas et al, 1975, p. 3).
- Esterilizantes del suelo: Estos herbicidas impiden la germinación y crecimiento de las plantas en tiempos de corto plazo ejerciendo acción por periodo de seis meses o menos y los semi permanentes o de tiempos largos ejercen acción por más de seis meses ya que tienen un alto poder residual que no permite la germinación de ningún tipo de vegetación (Cárdenas et al, 1975, p. 4).

3.2.4 Familia química

Los herbicidas se clasifican en diferentes familias químicas que comparten características químicas y moleculares similares, así como un mismo modo de acción y típicamente el mismo sitio de acción. Es importante destacar que dentro de una misma familia química pueden existir herbicidas con usos prácticos divergentes. Las principales familias químicas de herbicidas incluyen triazinas, dinitroanilinas, fenoxiacéticos, clorohexanodionas, sulfonilureas y bipiridilos (Anzalone, 2007, p. 3).

3.2.5 Modo y mecanismo de acción

Los términos de modo y mecanismo de acción de los herbicidas son usados como sinónimos, existen diferencias entre ellos. El modo de acción se refiere a los eventos y síntomas que los herbicidas provocan en las plantas (Caseley, 1975).

El término "mecanismo de acción de herbicidas" se refiere a cómo estos compuestos afectan el metabolismo de las plantas, causando desequilibrios en sus procesos vitales. Esta acción resulta en la reducción del crecimiento o incluso la muerte de especies susceptibles. Los herbicidas operan a través de varios mecanismos de acción, clasificándose según aquel que mayormente altera los procesos metabólicos de las plantas hasta causar su muerte (Anzalone, 2007, p. 43).

reguladores de crecimiento

Los herbicidas reguladores de crecimiento tienen un mecanismo de acción múltiple y en gran medida indeterminado. Se les denomina herbicidas hormonales debido a los desequilibrios que ocasionan en la planta. La selectividad de estos herbicidas se basa en su absorción principalmente a través de las hojas y raíces, y se transportan por el floema y xilema de la planta. Estos herbicidas se utilizan en la post emergencia de las plantas (Torres, 2022, p. 4).

Anzalone (2007) señala que los herbicidas reguladores de crecimiento actúan como auxinas sintéticas al imitar e interferir con las funciones naturales de la planta. La auxina es una hormona vegetal fundamental para la regulación del crecimiento y desarrollo, incluyendo la elongación celular, la formación de tejidos y la diferenciación de estos. Estos herbicidas imitan las auxinas naturales, provocando efectos desreguladores en las plantas como la inhibición del crecimiento

de los tallos (fenómeno conocido como cristalización), curvaturas y formación de hojas anormales (enrollamientos), así como anomalías en la reproducción que pueden llevar a la generación de inflorescencias múltiples y estériles, eventualmente conduciendo a la muerte de la planta (p. 63).

Según Torres (2022) los principales herbicidas reguladores de crecimiento que actúan como auxinas o herbicidas hormonales son:

Fenoxicarboxílicos: 2,4-D,2,4DB

Benzoicos: Dicamba

Piridincarboxílicos: Picloram, clopiralid, fluroxipir

Quinolincarboxílicos: Quinclorac

inhibidores de la síntesis de aminoácidos

- Herbicida inhibidor de acetolactato sintetasa (ALS): La enzima acetolactato sintetasa (ALS), también conocida como acetohidroxitobutirato sintetasa (AHAS), desempeña un papel crucial en la biosíntesis de los aminoácidos de cadena ramificada valina, leucina e isoleucina, esenciales para el desarrollo vegetal. Los herbicidas que inhiben esta enzima detienen el crecimiento de las plantas tratadas y provocan clorosis, con la planta adquiriendo un tono rojizo característico. Estos herbicidas son empleados para controlar malezas de hoja ancha y gramíneas, aplicándose tanto antes como después de la siembra. Son absorbidos por las hojas y raíces, y se transportan a través del xilema y floema. Este tipo de inhibidor muestra una alta persistencia en el suelo, lo que puede afectar a los cultivos en rotación (Palma, 2022, p. 12).

Según Caseley (1975), los principales herbicidas del grupo de inhibidores de acetolactato sintetasa (ALS) son:

Sulfonilureas: nicosulfuron, primisulfuron, prosulfuron, halosulfuron, triasulfuron.

Imidazolinonas: Imazethapir, imazaquin, imazapir.

- Herbicida inhibidor de la síntesis de aminoácidos aromáticos (EPSPS): Los aminoácidos aromáticos se sintetizan mediante la acción de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), que es crucial en la ruta del ácido shikímico. Esta ruta es responsable de la producción de aminoácidos aromáticos esenciales, como la fenilalanina, el triptófano y la tirosina, los cuales son vitales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Anzalone, 2007, p. 54).

Según Caseley (1975), El glifosato de la familia química de las glicinas, es el único herbicida perteneciente al grupo de inhibidores de la síntesis de aminoácidos aromáticos (EPSPS). Este herbicida se caracteriza por su alta movilidad a través del floema y su eficacia contra malezas perennes. Al acumularse en el tejido meristemático de tallos, raíces y órganos de almacenamiento, el glifosato provoca clorosis en las plantas, la cual eventualmente se transforma en necrosis.

- Herbicida inhibidor de la enzima glutamina sintetasa (GS): El mecanismo de acción de este herbicida se basa en la inhibición de la enzima glutamina sintetasa, crucial en el metabolismo del nitrógeno al convertir glutamato y amonio en glutamina. Es un herbicida no selectivo con acción post emergente eficaz contra malezas de hojas anchas y perennes. Al bloquear esta enzima, se produce una acumulación de amonio que daña los cloroplastos, reduce la fotosíntesis y causa necrosis (Rosales y Esqueda, 2022, p. 39).

inhibidores de síntesis de lípidos

Inhibidores de la síntesis de lípidos por inhibición de la enzima acetil coenzima a carboxilasa: Los lípidos son ácidos grasos esenciales que mantienen la integridad de las membranas celulares que son necesarios para el crecimiento de las plantas. Los herbicidas Inhibidores de la síntesis de lípidos por inhibición de la enzima acetil coenzima a carboxilasa actúan sobre gramíneas ya que esta planta es sensible a la acción de herbicidas que inhiben la Acetil CoA carboxilasa. El modo de acción de estos herbicidas sobre las plantas es inhibición del crecimiento en los meristemas apicales, muestra clorosis posteriormente la planta tornara de color púrpura ocasionando una necrosis (Anzalone, 2007, p.49).

Según Anzalone (2007) los principales herbicidas del grupo de los inhibidores de la síntesis de lípidos.

Ariloxifenoxipro-pionatos: Fluazifop-P-butil, quizalofop-P-etil, diclofop-metil, clodinafop, haloxifop-R-metil, fenoxaprop-P-etil.

Ciclohexanodionas: setoxidim, clethodim, tralkoxidim

inhibidores de crecimiento de plántulas

- Herbicida inhibidor del ensamblado de microtúbulos: Los microtúbulos desempeñan funciones esenciales en la célula vegetal como parte del citoesqueleto, contribuyendo significativamente a la morfogénesis celular, la división y la expansión celular. Los herbicidas que afectan estos componentes actúan inhibiendo la división celular. Su modo de acción implica la inhibición del desarrollo de las radículas en las plántulas, las cuales se hinchan al no poder alargarse. Como resultado, las plántulas mueren debido a su incapacidad para absorber agua y nutrientes del suelo. Los daños causados por estos inhibidores incluyen la formación de tumores en las raíces, la ausencia de raíces secundarias y el engrosamiento de hipocótilos en dicotiledóneas (Rosales y Esqueda, 2022, p. 41).

Según Azalone (2007) los herbicidas inhibidores del ensamblaje de microtúbulos son:

Dinitroanilinas: Butralina, dinitramina, orizalina, trifluralina

Fosforoamidas: Aminoprofos-metil, butamifos

Piridinas: Ditiopir, tiazopir

Benzamidas: Pronamida, tebutam

Ácidos bencenodicarboxílicos.

- Herbicidas inhibidores de ácidos grasos de cadena muy larga: Estos herbicidas pertenecen a las familias químicas de las α -cloroacetamidas, α -oxiacetamidas, tiocarbamatos e isoxazolinas. Actúan inhibiendo el desarrollo de las plántulas durante su emergencia. Aunque su mecanismo de acción exacto no está completamente definido,

se cree que interfieren en la síntesis de lípidos y proteínas de las plántulas, sin impedir su germinación. Este tipo de herbicida es absorbido por los brotes y raíces y es transportado a través de la xilema hacia los puntos de crecimiento. Los daños causados incluyen la distorsión de las hojas, que no pueden extenderse adecuadamente para crecer (Rosales y Esqueda, 2022, p. 42).

inhibidores de la fotosíntesis

Inhibidores del fotosistema II: Los herbicidas inhibidores de la fotosíntesis están diseñados para interferir con el proceso de fotosíntesis afectando la capacidad de producir energía a través de la luz solar. Causan síntomas como la interrupción del proceso fotosintético, la clorosis y necrosis de los tejidos es uno de los síntomas más rápidos. El efecto de interrumpir el proceso de la fotosíntesis de la planta es causar la muerte por no captar energía lumínica para la producción de azúcares. También el efecto del herbicida al acoplarse a la D1, clorofila a y pigmentos accesorios hace que quede excitada formando clorofila en triplete al exceso causa la peroxidación de los lípidos y destrucción de células, tejidos, provoca la necrosis de la planta (Pitty, 2018, p.51).

Según Caseley (1975), los principales herbicidas que interfieren en el fotosistema II de la fotosíntesis:

Anilidas: Propanil

Nitrilos: Bromoxinil, ioxinil.

Triazinas: Atrazina, ametrina, cianazina, desmetrina, prometrina.

Triazinonas: Metribuzin, metatriona, hexazinona.

Ureas: Diuron

Uracilos: Lenacil, terbacil, bromacil.

destructores de membranas celulares

- Herbicidas desviadores de electrones en el fotosistema I: Según Anzalone (2007), los herbicidas del grupo químico de los bipyridilios, como el paraquat y diquat, realizan un secuestro o desvío de electrones a nivel del fotosistema I, ocasionando una serie de

eventos que provocan la muerte rápida de las plantas. Estos herbicidas tienen un efecto de contacto, causando signos de deshidratación en el tejido tratado seguidos de una coloración oscura de las hojas que eventualmente se convierte en necrosis. Son conocidos como herbicidas fotodinámicos, ya que requieren luz para ejercer su mecanismo de acción (p. 48).

- Herbicidas inhibidores de la enzima PPO: Este herbicida tiene un mecanismo de acción similar a los piridinios, pero actúa de manera más lenta. Inhibe la enzima protoporfirinógeno oxidasa en la biosíntesis de la clorofila, lo que conduce a la formación de derivados del oxígeno. Los síntomas de daño incluyen clorosis y necrosis en hojas y tallos. Pertenecen a la familia química de los difeniléteres y N-fenil-triazolinonas, N-fenil-oxidiazolones (Rosales y Esqueda, 2022, p. 47).
- Arsenicales orgánicos: Los herbicidas MSMA (metilarsonato monosódico) y DSMA (metilarsonato disódico) son herbicidas de contacto aplicados en post emergencia, utilizados para controlar malezas. Causan síntomas similares a otros herbicidas que afectan las membranas celulares, incluyendo clorosis seguida de necrosis rápida en las plantas. Sin embargo, en el caso de estos herbicidas, los síntomas aparecen primero en las puntas de las hojas, con puntos necróticos rodeados de un halo rojizo. El mecanismo exacto de acción y su selectividad aún no se comprenden completamente (Rosales y Esqueda, 2022, p. 48).

inhibidores de pigmentos

Los herbicidas inhibidores de pigmentos bloquean la formación de carotenoides en las plantas, lo que conduce a la destrucción de la clorofila. Este grupo incluye a las familias químicas de isoxazolidinonas, triazoles, isoxazoles y piridazinonas. El mecanismo de acción de estos herbicidas provoca albinismo en plantas susceptibles, y en algunos casos los tejidos afectados desarrollan una coloración rosa a violeta, seguida de necrosis en hojas y tallos. Las plantas que no pueden sintetizar clorofila debido a estos herbicidas eventualmente mueren. Los inhibidores de pigmentos son absorbidos por las raíces y transportados por la xilema hacia la parte aérea. (Rosales y Esqueda, 2022, p. 49).

3.3 Uso de herbicidas en la producción de pastos

Actualmente, uno de los principales problemas que afrontan los potreros tropicales es la presencia de grandes poblaciones de malezas, las cuales, si no son controladas de manera oportuna y eficiente, compiten con los pastos por agua, luz y nutrientes. Esta competencia provoca una reducción tanto en la cantidad como en la calidad del forraje, incrementa los costos del manejo y producción del ganado, dificultan el pastoreo de los animales y además de que algunas las malezas pueden resultar tóxicas para éstos (Bolaños, 2020, p. 8).

Las principales malezas de los potreros en el trópico son las especies de hoja ancha, entre las cuales se pueden presentar especies herbáceas, semileñosas y leñosas y para su control, se pueden utilizar diversos métodos como cultural, mecánico o químico (uso de herbicidas) con el objetivo de disminuir o eliminar las poblaciones de malezas (Bolaños, 2020, p. 2).

El control químico es un método rápido y necesita de menos mano de obra. La utilización de herbicidas, al acabar con la competencia con las malezas ayuda en el aumento de la producción de masa verde en las pasturas y consecuentemente en el aumento de la capacidad de soporte de los potreros. Al optar por el control químico se debe definir el herbicida a ser ocupado (dependiendo de las especies presentes, la densidad de éstas y otros factores agroecológicos), y el método de aplicación más económico y seguro para cada caso (Comastri, 2022).

3.4 Importancia del uso de herbicidas preemergentes

Una alternativa más rentable y eficaz para el manejo de las malezas es la implementación de control químico mediante el uso de herbicidas que posibilite el crecimiento del cultivo con una mínima o nula interferencia producida por las malezas, las cuales pueden reducir la producción hasta en un 100% (Pinto, Tarrago, Burgos y Medina, 2018, P. 104).

Los herbicidas preemergentes son una herramienta valiosa con las que se cuenta actualmente para afrontar las malezas, puesto que aporta beneficios en la reducción del banco de semilla de malezas, dan competitividad y ventaja temprana a los cultivos respecto a las malezas, otorgan flexibilidad a los post emergentes ampliando la ventana de aplicación (Cristoffoleti, 2022).

También los herbicidas preemergentes se encargan de manera específica de suprimir las malas hierbas en el momento en que germinan las semillas (cuando emerge la radícula) y durante la emergencia de las plántulas procedentes del suelo y la fase inicial de su desarrollo. Los herbicidas generalmente se aplican a los cultivos anuales después de la siembra, pero antes de la aparición de las malezas y de los propios cultivos. (Gómez, 2024, p.14).

Herbicidas preemergentes, como los de la familia de las triazinas y las cloroacetamidas, han sido efectivamente empleados a lo largo de varios años para el manejo de malezas en cultivos de maíz, mostrando resultados sobresalientes. La introducción de variedades vegetales resistentes al herbicida glifosato ha ampliado las opciones para el control de malezas gramíneas y de hojas anchas, ofreciendo flexibilidad en la programación de actividades de manejo fitosanitario. (Ernst y Ferrari, 2013, p.5)

3.5 Problemas con el uso de herbicida

Los herbicidas tienen el potencial de disminuir significativamente las poblaciones de malezas en corto plazo. Sin embargo, su impacto de amplio espectro puede tener consecuencias no deseadas, como la rápida adaptación de las poblaciones de malezas a niveles más resistentes después de la aplicación, obligando a los agricultores a usar cantidades mayores de herbicidas u otros químicos que eventualmente promoverán mayor resistencia (Gómez, 2024, p. 17).

Además de los altos costos por el uso de herbicidas, también es importante considerar los efectos negativos que causan al medio ambiente y la salud humana, cuando estos productos se aplican en los campos agrícolas pueden ser lavados o lixiviados hacia corrientes de aguas superficiales o subterráneas contaminándolas e integrándose así a la cadena alimentaria y afectando poblaciones de animales en cada nivel trófico y perdurando por décadas (Vera, Castro, Gutiérrez y Vásquez, 2020, p.11).

En las últimas décadas el amplio uso de herbicidas es motivo de preocupación medioambiental debido a la liberación de contaminantes móviles y persistente en el medio ambiente y la potencial acumulación de estas sustancias tóxicas en el suelo y aguas. Los suelos agrícolas contaminados con herbicidas sufren modificaciones en los procesos biológicos y provocan

desequilibrio en las comunidades bacterianas, tanto en estructura como en cantidad, afectando directamente a la descomposición de materia orgánica y al ciclo de nutrientes y por tanto el rendimiento de los cultivos (Bárcena, 2022, p.8).

El control de malezas por medio de herbicidas ha sido controversial a lo largo de los años por las múltiples consecuencias negativas que provocan, principalmente por los efectos nocivos a la salud humana, en investigaciones recientes se ha comprobado que los herbicidas provocan daños a la salud como afecciones respiratorias, dermatosis e intoxicaciones, las cuales ocurren por uso directo (por inhalación) o indirecto (absorción por vía cutánea). Se ha observado que el riesgo a la exposición de herbicidas durante su uso es alto y los químicos ingresan al organismo por diferentes vías, esto se magnifica, ya que los productores no utilizan equipo de protección adecuado, o estos son defectuosos (Aguilar, Ronquillo, Ávila, Rodríguez, Pedraza y Martínez, 2021, p.2-3).

La mayoría de las investigaciones recientes de herbicidas y salud humana se enfoca en glifosato y su compuesto de degradación, aunque también se encuentran investigaciones de algunos de los principales herbicidas utilizados por los productores, y que a continuación se describirán los riesgos más importantes.

1. Paraquat: La intoxicación por paraquat, además de eventos suicidas, se da en exposiciones ocupacionales por absorción a través de la vía cutánea o conjuntiva, lo que puede causar insuficiencia orgánica múltiple, en la cual el pulmón es el órgano objetivo primario. Después de la intoxicación, la tasa de mortalidad del paciente es tan alta como 90%, y actualmente no existe un antídoto específico (Viales, 2014, p. 1).
2. Glifosato: En cuanto a los riesgos a la salud reportados en las investigaciones, este elemento es altamente cancerígeno, acelera la muerte celular, daña el ADN y afecta la coagulación, así mismo puede causar toxicidad en células placentarias y del hígado, actuar como disruptor endocrino, generar afecciones respiratorias, gastrointestinales, dermatológicas y neurológicas, así como fragmentación del material genético, por otra

parte, puede generar cáncer linfoma no Hodking, que compromete células que producen sangre (Aguilar et al, 2021, p. 4).

3. Atrazina: La exposición a la atrazina puede darse en el ambiente laboral por vía inhalatoria o dérmica. Puede producir reacciones de irritación, eritema, alteraciones en las funciones de algunos órganos, problemas de reproducción, defectos macrosómicos y alteración en los niveles de hormonas (disruptor endocrino), así como defectos genotóxico y mutagénico en nacimiento en seres humanos.

3.6. Fitotoxicidad

El uso de herbicidas contribuye a controlar malezas, pero también pueden tener efecto fitotóxico sobre los cultivos, produciendo desorden fisiológico en la planta observándose alteraciones en el aspecto, crecimiento, vigor, desarrollo y productividad de estas. El daño puede ser tanto en tejidos aéreos como subterráneos y en ocasiones suele llegar a ser letal para el cultivo. Así, el control químico de malezas puede ser una técnica eficaz y económica si el herbicida es totalmente selectivo para la planta forrajera, de modo que no presente efectos de fitotoxicidad que perjudiquen el desarrollo o su rendimiento (Autrán, Puricelli y Andrés. 2013, p. 2).

Los síntomas visibles frecuentes asociados por fitotoxicidad se presentan en las plantas como necrosis, roturas o muerte de los tejidos, encartuchamientos y enrollamientos en las hojas, clorosis internerval de hojas, crecimiento desigual u otros síntomas fitotóxicos. Los síntomas dependen directamente del contenido en el ingrediente activo, de su solubilidad en agua y actividad química, dosificación y una mala aplicación, así como a condiciones adversas relacionado a altas o muy bajas temperaturas y excesiva humedad (Giménez, 1989, p. 2).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se realizó en la finca Santa Rosa, situada en la Dirección de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria sede ubicada en Managua. Las coordenadas geográficas del lugar son 12° 08' 33'' de latitud norte y 86° 10' 31'' de longitud oeste, al norte de la comunidad de Sabanagrande con elevación de 56 m.s.n.m (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2023). (Ver anexo 1)

4.2. Condiciones agroclimáticas

El departamento de Managua, y en particular la región donde se encuentra la finca Santa Rosa, se presenta una temperatura promedio de 27°C, recibe entre 1,000 y 2,000 mm de precipitación anual y tiene una humedad relativa del 72%. En cuanto a la precipitación anual, la zona seca donde se encuentra la finca tiene un rango de entre 800 y 500 mm, con un período de sequía notable que se extiende desde noviembre hasta marzo (INETER, 2023).

4.3. Diseño metodológico

Se realizó un estudio experimental longitudinal que consistió en evaluar el establecimiento y crecimiento de los pastos: *Urochloa brizantha* cv. Marandú CIAT 6294, *Urochloa* híbridos CIAT 36087, CIAT BR02/0465, CIAT BR02/1794, híbrido Mestizo Blend e *Urochloa* híbrido CIAT GP1005BR, híbrido Confort, sometido bajo dos tratamientos, uno con aplicación de herbicida y un tratamiento testigo sin aplicación. Donde se determinó el efecto fitotóxico del herbicida aplicado en preemergencia sobre el estado fisiológico de las plantas.

4.4. Diseño experimental

Se aplicó un diseño bifactorial en un ensayo experimental longitudinal con 6 tratamientos y 3 repeticiones, sumando un total de 18 unidades experimentales. Las repeticiones utilizadas se calcularon utilizando la fórmula de grados de libertad mínimos para el error. La fórmula utilizada para este cálculo fue la siguiente:

$$GL = (t - 1)(r - 1)$$

Los tratamientos se dividieron en dos grupos: con aplicación de herbicida y sin aplicación de herbicida. Para los tratamientos con aplicación, se utilizó Atrazina 80 WP.

4.4.1. Modelo lineal general

El modelo lineal general es: $Y_{ijk} = \mu + A_i + \beta_j + (A_iB_j) + E_{ijk}$

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento

A_i = Efecto del i-esimo factor A (híbridos), a estimar a partir de los datos del experimento

β_j = Efecto debido al j-ésimo factor B (herbicidas), a estimar a partir de los datos del experimento

A_iB_j = Efecto de la interacción i-esimo factor A y el j-esimo factor B a estimar a partir de los datos del experimento

ϵ_{ijk} = Efecto del error aleatorio de variación

4.4.2. Área de estudio

El área total de estudio abarcó 189 m², con dimensiones de 27 m de largo por 7 m de ancho. Esta área se subdividido en 2 bloques, cada uno de 27 m de largo y 3 m de ancho, con una superficie de 81 m² por bloque. En cada bloque se establecieron 9 parcelas útiles de 3 m de largo por 3 m de ancho, cada una compuesta por 7 surcos y con una densidad de siembra de 0.5 m entre planta y surco.

4.5. Manejo Agronómico

4.5.1. Preparación y delimitación del terreno

Para la siembra se preparó el terreno con tractor utilizando la romplona como implemento, posteriormente se niveló el terreno manualmente. El área de estudio se delimitó utilizando una cinta métrica, estacas y lienzo. Con estos materiales, se definió la zona de investigación, estableciendo claramente los límites del área de estudio, así como de los bloques y las parcelas experimentales.

4.5.2. Tratamiento de la semilla

Para este estudio se utilizó semillas de pastos tropicales certificadas de grupo Papalotla que distribuye la empresa Técnica Pecuaria S.A. Se utilizó una cantidad de 54.88 g de semillas de pasto cultivar Marandú, híbrido Mestizo Blend e híbrido Confort, para obtener 196 plantas por parcela experimental. Previo la siembra se procedió a aplicar un tratamiento para proteger a las semillas contra plagas en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas, se empleó Bunker 35 FS (neonicotinoide) directamente sobre la semilla.

4.5.3. Siembra

La siembra se realizó al espeque, método que consiste en el uso de una vara con punta que se entierra en el suelo. Se establecieron 9 parcelas cada una compuesta por 7 surcos y con una densidad de siembra de 0.5 m entre planta y surco aplicando 5 semillas por golpe dejando a una profundidad de 2 cm.

4.5.4. Aplicación de herbicida

El herbicida preemergente atrazina se aplicó un día después de la siembra de las semillas a dosis de 1.5kg/ha en la superficie del bloque correspondiente al tratamiento, fue aplicado cuidadosamente por aspersión en cada parcela evitando que este saliera de los bordes.

4.5.5. Manejo de plagas

El manejo de plagas y enfermedades se realizó mediante observación diaria en todas las parcelas. Este monitoreo constante permitió detectar de manera oportuna la incidencia de plaga de gusano cogollero (*Helicoverpa armigera*). En respuesta a las observaciones, se aplicó el insecticida Imidafen 30 SC.

4.6. Variables en estudio

4.6.1. Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Se obtuvo a través del conteo diario de las plántulas emergidas a partir de la siembra, tomando como plántulas emergidas a las que sobresalían del sustrato.

El índice de velocidad de emergencia IVE se calcula mediante la expresión propuesta por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{NPED}{NDDS}$$

En donde:

IVE = índice de velocidad de emergencia

NPED= Número de plántulas emergidas por día.

NDDS = Número de días después de la siembra.

4.6.2. Porcentaje de emergencia

El porcentaje de emergencia consistió en contabilizar cada una de las plántulas emergidas hasta el último día de la evaluación y el resultado se obtiene dividiendo el número total de plántulas emergidas, entre el número total de semillas sembradas y se multiplica por cien.

$$\% \text{ de emergencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de plantulas}}{N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} \times 100$$

4.6.3. Diámetro del tallo (mm)

Con la ayuda de un vernier o pie de rey se midió en milímetros un amuestra de 10 plantas el día 30 post emergencia.

4.6.4. Altura de la planta (cm)

Para obtener la altura total, se tomó al azar una muestra de 10 plantas por parcelas donde se midió con una regla de un metro graduada en centímetros, desde el suelo hasta el punto medio de la hoja más alta, es decir, hasta el último ápice del meristemo a los 30 días.

4.6.5. Número de hoja por planta

Se tomo una muestra de diez plantas por parcela y realizo un conteo de las hojas a los 30 días.

4.6.6. Fitotoxicidad

Para determinar el grado de toxicidad del herbicida sobre el cultivo de pasto se utilizó la escala de evaluación de la Asociación Latinoamericana de Maleza (adaptada ALAM 1974).

Grado de fitotoxicidad	Calificación	Síntoma en el cultivo
0	Nada	Ninguna
1	Pobre	Sin efectos aparentes, de ningún daño a muy poco daño, o igual al testigo limpio <
2	Ligero	Atrofia y/o clorosis leve
3	Daño moderado	Atrofia leve, clorosis media y necrosis leve
	Daño severo	Atrofia media, clorosis severa y necrosis leve
	Daño muy Severo	Atrofia media, clorosis severa, necrosis leve y algunas plantas muertas
	Daño grave	Atrofia severa y/o incremento en el número de plantas muertas
4	Daño grave	Entre 61 y 70% de las plantas muertas
	Daño muy grave	Entre 71 y 80% de las plantas muertas
5	Daño muy grave	Entre 81 y 90% de las plantas muertas Entre 91 y 100% de las plantas muertas

4.7. Análisis de datos

Los datos recolectados se digitaron en una hoja de Microsoft Excel del paquete office, esta base de datos se actualizaba diariamente para luego utilizarse en el análisis de los datos que se realizó en el Software Minitab Statistical versión 17.1.0 (Minitab®, 2013). Realizando un ANDEVA para las variables en estudio.

En el caso de la variable fitotoxicidad, se realizó a través de un análisis cualitativo con una recopilación de datos semanales según descripción de los síntomas presentados en cada tratamiento.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Para este estudio se consideró necesario registrar la velocidad de emergencia de las plántulas como un indicador clave del establecimiento inicial de los híbridos forrajeros Marandú, Confort y Mestizo Blend. Esta variable permitió evaluar de manera objetiva el ritmo de emergencia bajo las condiciones impuestas por los tratamientos, particularmente ante la aplicación del herbicida preemergente Atrazina. Para ello, se realizaron conteos diarios de las plántulas emergidas durante los primeros 20 días posteriores a la siembra, calculándose el índice de velocidad de emergencia (IVE) conforme a la metodología propuesta por Maguire (1962), que estima el vigor mediante el número acumulado de plántulas emergidas por unidad de tiempo.

El comportamiento de los híbridos fue variable (Figura 1). El Pasto Marandú presentó la mayor velocidad de emergencia en ambos tratamientos. No obstante, en la aplicación de atrazina redujo su velocidad de emergencia de un promedio de 23 unidades a aproximadamente 22 unidades de IVE. Esta disminución evidencia una leve afectación.

En el caso del Pasto Híbrido Confort, se presenta con una disminución más pronunciada en la velocidad de emergencia. Mientras que en ausencia de Atrazina el híbrido alcanzó un IVE a 18 unidades, la aplicación de herbicida redujo este valor a aproximadamente 15 unidades, presentando una desaceleración notable en su emergencia.

El Pasto Híbrido Mestizo Blend mostró una diferencia marcando susceptibilidad al efecto del herbicida preemergente. En términos de IVE en el tratamiento con aplicación de Atrazina registró aproximadamente 10 unidades. En contraste, con el tratamiento sin la aplicación del herbicida su velocidad de emergencia fue cercana a 18 unidades.

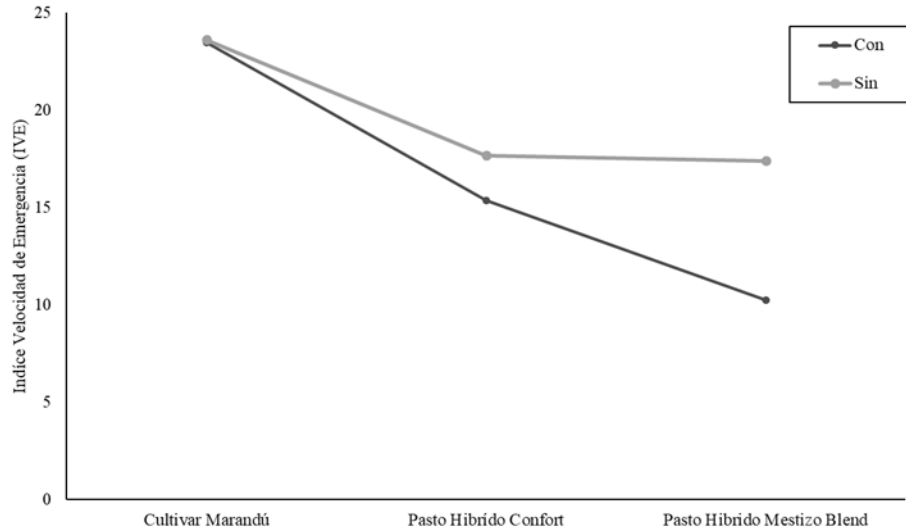


Figura 1. Índice de velocidad de emergencia

Los resultados muestran que, en los tres híbridos evaluados, la aplicación de Atrazina redujo la velocidad de emergencia en comparación con sus respectivos testigos (Sin herbicida). Estas reducciones son coherentes con lo reportado por Silva et al. (2019), quienes señalan la atrazina puede ejercer efectos fitotóxicos sobre las gramíneas forrajeras, afectando los procesos clave como la imbibición, la división celular y la elongación del hipocótilo. Asimismo, Oliveira (2018) destacan la existencia de diferencias en la sensibilidad varietal a herbicidas, lo cual puede explicar el comportamiento diferenciado observado entre híbridos.

El efecto fitotóxico observado también puede atribuirse a interferencias en la síntesis de proteínas y enzimas necesarias para el metabolismo temprano de las semillas (Figueiredo, Leibhart, Reicher, Tranel, Nissen, Westra, Bernards, Kruger, Gaines, y Jugulam, 2017). Además, estudios como los de Ranal y Santana (2006) refuerzan la utilidad del IVE para detectar estas alteraciones en las fases iniciales, cuando la emergencia se ve comprometida por factores químicos como los herbicidas preemergentes.

5.2 Porcentaje de emergencia

El porcentaje de emergencia es un indicador de la habilidad de la semilla para emerger del suelo y producir una plántula en el campo bajo condiciones normales (FAO,2011, p.9).

El análisis de varianza muestra que el factor híbrido tiene un efecto estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) lo que indica que el híbrido influye en el porcentaje de emergencia. Para el factor de dosis de herbicida no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($P \geq 0.05$) expresando que la dosis de herbicida por sí sola no tiene un efecto significativo en el porcentaje de emergencia. Además, el análisis estadístico para la interacción de los factores Híbridos (marandú, confort y mestizo) y la dosis de herbicida (con y sin aplicación) sobre el porcentaje de emergencia mostró que no fue estadísticamente significativo ($P \geq 0.05$), esto indica que el efecto de los híbridos en la emergencia de las plántulas no depende de la dosis de herbicidas aplicadas y viceversa (Cuadro 1.).

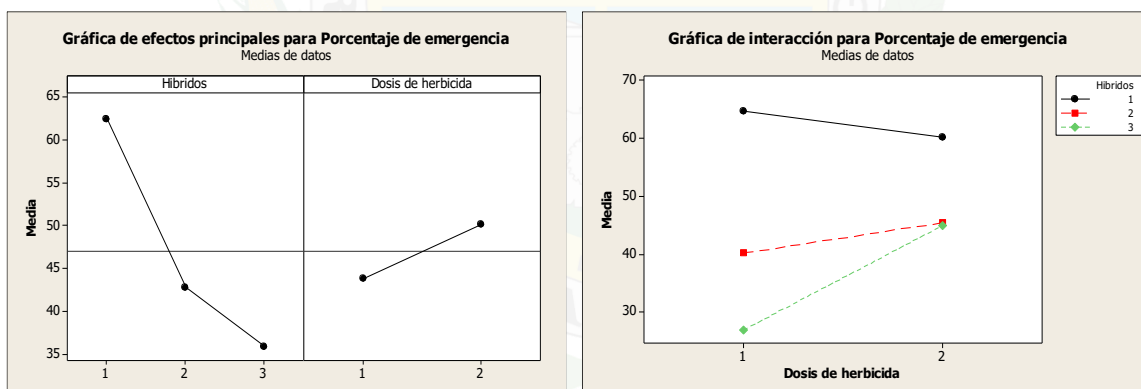


Figura 2. Porcentaje de emergencia.

Cuadro 1. Análisis de varianza para porcentaje de emergencia

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Híbridos	2	2274.3	2274.3	1137.2	9.77	0.003
Dosis de herbicida	1	178.2	178.2	178.2	1.53	0.240
Híbridos*Dosis de herbicida	2	380.3	380.3	190.2	1.63	0.236
Error	12	1396.8	1396.8	116.4		
Total	17	4229.6				

El cultivar marandú presentó el mayor porcentaje de emergencia, alrededor de 63%, a diferencia del híbrido 3 (Mestizo) que muestra un porcentaje menor 35%, lo que indica que no todos los híbridos responden de la misma manera. Por otro parte, el efecto principal de la dosis de herbicida indica que la dosis 2 (sin aplicación) presenta un mayor porcentaje de emergencia, aproximadamente del 49% en comparación de la dosis 1 (con herbicida) que presentó un 43% de emergencia (Figura. 2).

Se puede observar que las líneas no son paralelas y muestran tendencias diferentes, lo que indica que hay una interacción débil entre los híbridos y la dosis de herbicida, también se puede observar que el cultivar marandú muestra el mejor porcentaje de emergencia para ambos tratamientos indicando que es el más tolerante o eficiente sin importar la dosis de herbicida (Figura. 2)

De acuerdo, con los resultados de Rainero, Ustarroz y Pons (2021) en su estudio realizado en cultivos de Soya donde la aplicación de atrazina afectó negativamente la emergencia de plántulas, reduciendo tanto la velocidad como uniformidad del establecimiento. En dicho estudio, se observó que las dosis bajas de herbicidas aplicadas como preemergentes podrían interferir con el desarrollo de radícula y la plúmula, especialmente en condiciones bajas de humedad o suelos compactados, efectos que también podrían haber influido en el establecimiento de los híbridos considerando que la atrazina fue aplicada al siguiente día de la siembra.

5.3 Diámetro del tallo (mm)

El análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de tres factores sobre el diámetro del tallo muestra que para el factor híbridos no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$), indicando que el tipo de híbrido no tuvo un efecto claro sobre el diámetro del tallo. Mientras que para el factor dosis de herbicida se muestra una posible tendencia de que la dosis del herbicida afecte el diámetro del tallo, pero esto no afirma una significancia estadística ($P \geq 0.05$), así mismo el análisis de varianza indica que para la interacción de los híbridos y la dosis de herbicida sobre el diámetro del tallo no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$),

expresando que el efecto de la dosis fue similar en todos los híbridos y en sentido contrario (Cuadro 2.)

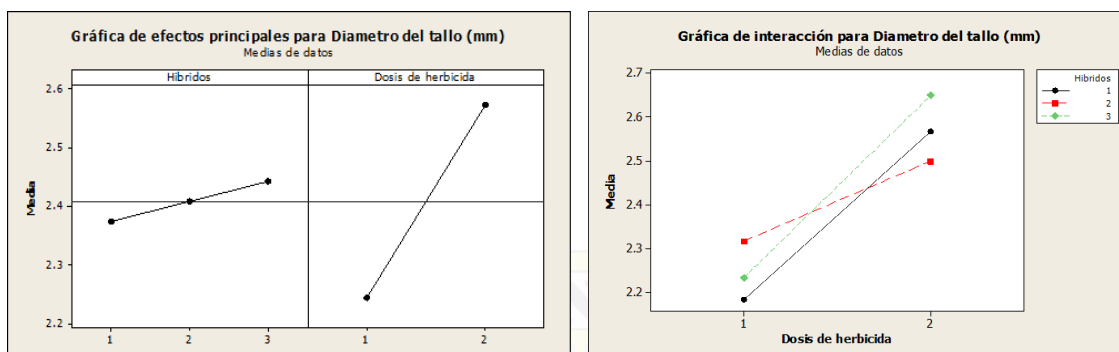


Figura 3. Diámetro del tallo (mm)

Cuadro 2. Análisis de varianza bifactorial para Diámetro del tallo (mm).

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Híbridos	2	0.0133	0.0133	0.0067	0.05	0.952
Dosis de herbicida	1	0.4835	0.4835	0.4835	3.57	0.083
Híbridos*Dosis de herbicida	2	0.0478	0.0478	0.0239	0.18	0.841
Error	12	1.6267	1.6267	0.1356		
Total	17	2.1713				

En la primera parte de la gráfica se observa una línea que está casi plana, lo que indica que los híbridos apenas interfieren en el diámetro del tallo. En la parte derecha de la gráfica muestra que la dosis 2 (sin herbicida) presenta un mayor diámetro de tallo, lo que coincide con el valor de P encontrado en el análisis de varianza, lo cual sugiere un posible efecto (Figura. 3)

En la gráfica de interacción (Figura. 3) se observa que todos los híbridos presentan aumento en el diámetro del tallo con la dosis 2 (Sin herbicida). las líneas no se cruzan y tienen una forma aproximadamente paralela, lo cual indica ausencia de interacción significativa entre los híbridos y la dosis de herbicida.

Hasta el momento no se dispone de estudios que analicen de forma específica el efecto de la atrazina sobre el diámetro del tallo en *Urochloa brizantha*, sin embargo, algunos trabajos con gramíneas tropicales análogas como *Panicum maximum* y *Pennisetum purpureum* reportan que

la aplicación de herbicidas preemergente puede afectar variables morfológicas como la biomasa, altura y grosor de tejidos.

Riaz, Basharat, Ahmad, Hameed, Fatima, Ahmad, Shah, Asghar, El-Sheikh y Kaushik (2022) reportaron que en gramíneas anuales como *Dactyloctenium aegyptium* la atrazina puede reducir significativamente el grosor del tallo, hasta en un 47%, debido a alteraciones en la división y expansión celular en tejidos meristemáticos. Aunque esta especie no es forrajera, comparte características fisiológicas con *Urochloa* por su metabolismo C4.

Oliveira (2018) reporta que aplicaciones de atrazina en preemergencia causaron retrasos en el desarrollo de las plantas con síntomas de fitotoxicidad, aunque no midieron directamente el diámetro de tallo, este estudio también sugiere una posible interferencia en el crecimiento vegetativo inicial.

5.4 Altura de la planta (cm)

El análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de tres factores sobre la altura de la planta muestra que para el factor híbrido, no se encontró diferencias significativas ($P \geq 0.05$), lo que indica que el tipo de híbrido no tuvo un efecto claro sobre la altura. En cuanto al factor dosis de herbicida, el valor de ($P = 0.214$) sugiere que no existe una diferencia significativa ($P \geq 0.05$) por lo que no se puede afirmar que la dosis aplicada influya de manera concluyente sobre la altura. De igual manera, la interacción entre híbridos y dosis de herbicida no mostró efectos significativos ($P \geq 0.05$) indicando que la respuesta en altura fue similar entre los híbridos independientemente de la dosis aplicada (Cuadro. 3)

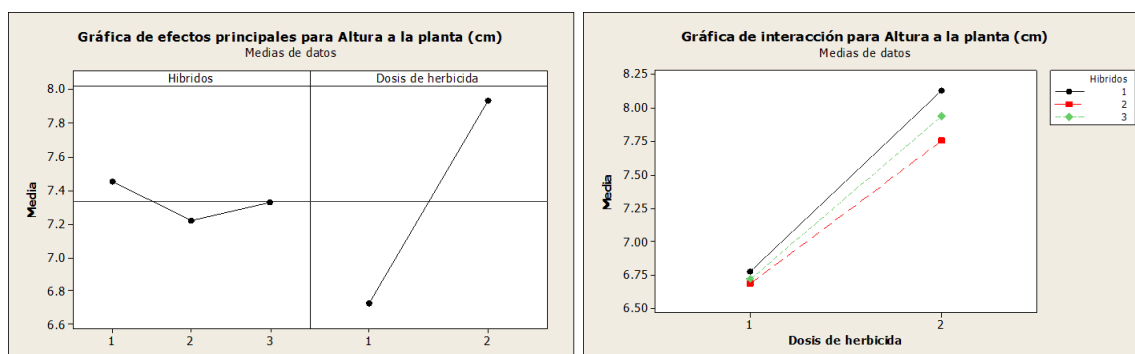


Figura 4. Altura de la planta (cm)

Cuadro 3. Análisis de varianza para Altura de la planta (cm)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Híbridos	2	0.161	0.161	0.081	0.02	0.979
Dosis de herbicida	1	6.601	6.601	6.601	1.72	0.214
Híbridos*Dosis de herbicida	2	0.060	0.060	0.030	0.01	0.992
Error	12	46.071	46.071	3.839		
Total	17	52.893				

Se observa que los híbridos presentan un comportamiento homogéneo en cuanto a la altura, con promedios similares que varían entre aproximadamente 7.3 y 7.5 cm. Por otro lado, las dosis de herbicida marcaron diferencia: la dosis 2 (sin herbicida) permitió un mayor crecimiento alcanzando cerca de 8.0 cm en comparación con la dosis 1 (con herbicida) siendo el marandú (Híbrido 1) el que presentó la mayor altura entre los otros híbridos (Figura. 4)

Se encontró que la dosis 1 (con herbicida) se asoció con una altura baja y uniforme entre los híbridos. Por el contrario, la dosis 2 (sin herbicida) favoreció un mayor crecimiento, siendo marandú (Híbrido 1) el de mayor promedio de 8.15 cm y Confort (Híbrido 2) el de menor de 7.75 cm. Las líneas, aproximadamente paralelas y cercanas entre sí en la gráfica, sugieren una interacción entre el híbrido y la dosis de herbicida, con un efecto ligeramente diferente en la altura de cada híbrido (Figura. 4)

Villegas (2013) encontró en su investigación con herbicidas preemergentes como el Linurón y Pendimetalina que, también disminuyeron significativamente la altura en *Salvia hispánica L* (Chía). El Linurón, al igual que la atrazina, inhibe la fotosíntesis, lo que podría explicar la reducción de la elongación por la menor disponibilidad de fotoasimilados. Pendimetalina, que inhibe la división celular, también limitó la altura, sugiriendo que la interferencia con el desarrollo radicular y apical temprano puede restringir el crecimiento vertical, se plantea la posibilidad de que el estrés generado por la atrazina en los híbridos también pudiera estar afectado en el desarrollo de sus raíces contribuyendo a la menor altura.

Lorenzo (2017) quien encontró que dosis más altas de atrazina redujeron el crecimiento del maíz, evidenciado por una menor altura de planta a los 30 días después de la siembra (p.100). En ambos estudios se muestra que la atrazina puede interferir en el desarrollo inicial de las gramíneas forrajeras o cultivos, posiblemente por su modo de acción como inhibidor del fotosistema II, bloqueando la transferencia de electrones y generando estrés oxidativo en tejidos jóvenes (Lorenzo, 2017, p. 56).

5.5 Número de hojas por planta

El análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de los híbridos, la dosis de herbicida y su interacción sobre el número de hojas por planta mostró que el factor híbrido no presentó diferencias estadísticamente significativas ($P \geq 0.05$), indicando que el tipo de híbrido no tuvo un efecto significativo. En contraste, la dosis de herbicida mostró un efecto estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$), sugiriendo que la aplicación del herbicida influyó de manera significativa sobre esta variable. En cambio, la interacción entre híbridos y dosis de herbicida no presento efecto significativo ($P \geq 0.05$), lo que indica que el número de hojas fue consistente entre los híbridos, independientemente de la dosis aplicada. (Cuadro. 4)

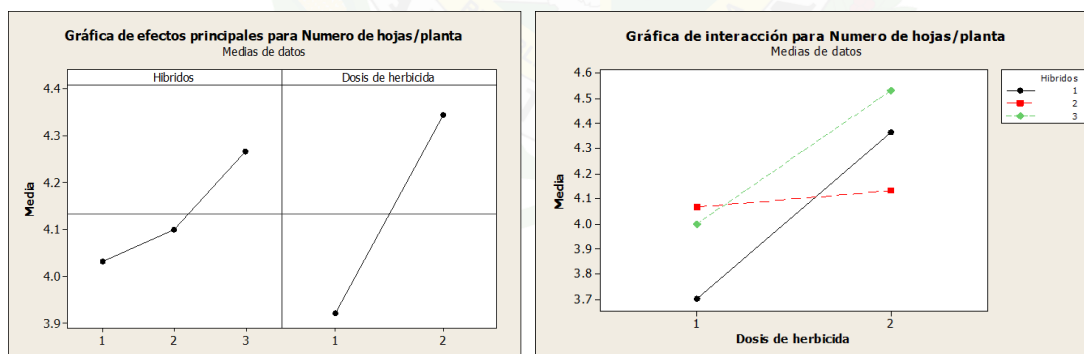


Figura 5. Número de hojas por plantas

Cuadro 4. Análisis de varianza para Número de hojas por planta.

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Híbridos	2	0.17333	0.17333	0.08667	1.05	0.379
Dosis de herbicida	1	0.80222	0.80222	0.80222	9.76	0.009
Híbridos*Dosis de Herbicida	2	0.29778	0.29778	0.14889	1.81	0.205
Error	12	0.98667	0.98667	0.08222		
Total	17	2.26000				

La gráfica de efectos principales (Figura. 5) muestra el efecto promedio de cada factor. Si bien el análisis de varianza (Cuadro 4.) no indico diferencias significativas en el número de hojas entre los tres híbridos, sí se observó una diferencia notable entre las dosis de herbicida: la dosis 2 resulto en un mayor número de hojas en comparación con la dosis 1.

En la (Figura. 5) se presenta la media del número de hojas para cada híbrido en función de las dos dosis de herbicida aplicadas. Se observa una tendencia consistente en los tres híbridos, donde la dosis 2 resulta en un mayor número de hojas en comparación con la dosis 1. En la dosis 2, las medias del número de hojas se situaron alrededor de 4.0 a 4.5 para los diferentes híbridos, mientras que en la dosis 1, estas medias disminuyeron a un rango de 3.7 a 4.1.

González y Chavarría (1969) reportaron que la aplicación de Atrazina disminuyó el peso verde de las plantas de sorgo a las cuatro semanas de edad. Los autores sugirieron que, en las primeras etapas de desarrollo, las plantas aún no han metabolizado completamente la Atrazina, lo que resulta en un efecto tóxico pronunciado. En sus experimentos, a medida que aumentaba la dosis de Atrazina, el peso verde disminuía significativamente. Este efecto se observó tanto en Alajuela como en Cañas. Específicamente, indicaron que por cada 0.75 kg i.a./ha de Atrazina aplicada, se redujo el peso por planta en 0.16 g en Alajuela y 0.22 g en Cañas.

Este hallazgo es similar a los resultados obtenidos con los híbridos en el presente estudio, donde se observó una reducción en el número de hojas por planta. Aunque los estudios difieren en la variable medida (peso verde vs. número de hojas) y en las especies (sorgo vs. híbridos de pasto), ambos sugieren que la Atrazina puede tener un efecto inhibitorio significativo en el desarrollo vegetativo temprano de las plantas.

5.6 Fitotoxicidad

Para este estudio se consideró necesario tomar datos visuales del efecto que pudiera ocasionar la dosis aplicada de herbicida atrazina para los híbridos marandú, mestizo y confort, para ello se utilizó la escala de evaluación de la Asociación Latinoamericana de Maleza, para determinar el grado de toxicidad del herbicida sobre los tratamientos.

Cuadro 5. Escala de evaluación para grado de toxicidad

Grado de fitotoxicidad	Calificación	Síntoma en el cultivo
1	Pobre	Sin efectos aparentes, de ningún daño a muy poco daño, o igual al testigo limpio <
2	Ligero	Atrofia y/o clorosis leve

En los resultados se observó, que todos los tratamientos con aplicación de atrazina ejercieron un efecto de grado 1 y 2 de fitotoxicidad que corresponde a niveles de daño de pobre a ligero, caracterizados por la ausencia de efectos aparentes, presencia de atrofia y clorosis leve.

Primera lectura visual (7 días después de la aplicación)

En todos los tratamientos se observó que algunas de las plántulas emergidas presentaban indicios de clorosis en la primer hoja o hoja cotiledonar.

Segunda lectura visual (14 días después de la aplicación)

En esta segunda evaluación se evidencio con mayor claridad el efecto fitotóxico de la atrazina en los tratamientos. En los híbridos evaluados se encontró un mayor número de plántulas con clorosis y una minoría con necrosis en las hojas cotiledonares. Asimismo, se observó una reducción en la densidad poblacional de malezas de hoja ancha y de coyolillo en comparación con el tratamiento testigo.

Tercera lectura visual (21 después de la siembra)

En esta tercera y última evaluación no se detectaron efectos adicionales de fitotoxicidad, ya que las plantas continuaron con su desarrollo y crecimiento, produciendo hojas verdaderas sin

mostrar síntomas de clorosis o necrosis. sin embargo, las malezas de hojas anchas detuvieron casi por completo su crecimiento y se eliminaron casi por completo, mientras que el coyolillo mostro mayor resistencia, aunque con afectos visibles como necrosis en la mayoría de sus hojas.

Hernández y Herrera (2004) encontró que el pasto *Brachiaria Brizantha* cv. Diamante 1 y *Brachiaria Decumbens* cv. Pasto peludo en la fase presiembra en la primera semana no observo daños cuando se aplicaron los herbicidas atrazina, terbutrina, tebutiuron, oxadiargyl y pendimetalina. A partir de la segunda hasta la sexta semana encontraron daños fitotóxicos en los tratamientos, sin embargo, la atrazina se mantuvo con un 0% para el pasto diamante, mientras que para el pasto peludo causo daños leves del 5% en comparación con los otros herbicidas que causaron daños del 60% al 100%. También ambos pastos presentaron mejor desarrollo y vigor similar al tratamiento testigo (p.11-12).

De acuerdo con Oliveira (2018) en su estudio de selectividad de *Urochloa brizantha* a atrazina, mostro que la atrazina tuvo cierta efectividad para suprimir al pasto, pero su eficacia dependió de la dosis y del estado fenológico de la planta. Aunque ninguna dosis logro una erradicación completa, se observó que dosis de 6 L ha^{-1} ($3 \text{ kg a.i. ha}^{-1}$) y 9 L ha^{-1} ($4.5 \text{ kg a.i. ha}^{-1}$) causaron un retraso en el desarrollo de la planta. En aplicaciones de preemergencia, se observó fitotoxicidad creciente con el tiempo, especialmente con dosis altas, pero sin provocar la muerte de las plantas. En fases de desarrollo más avanzadas (dos y seis macollos), la respuesta al herbicida fue menor, con efectos leves y sin control efectivo.

En otro experimento realizado por Hernández (2005) donde evaluó el efecto de los sistemas de siembra y la aplicación de atrazina en el pasto *Brachiaria Brizantha* cv. Diamante 1 en el trópico húmedo de costa rica, no reporto ningún síntoma de toxicidad en el pasto durante el periodo de evaluación, a su vez la atrazina fue eficaz para controlar malezas de hoja ancha sin importar el método de siembra (p.49). Los resultados encontrados coinciden con los resultados presentados en este estudio, indicando que una dosis adecuada no causa fitotoxicidad significativa y que es eficaz para el control de malezas de hojas ancha, así mismo el herbicida Atrazina demostró tener selectividad particularmente en pasturas de las especies *Brachiarias*.

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de atrazina como herbicida preemergente presento efectos diferenciados según los pastos evaluados. El cultivar marandú se distinguió por su mejor tolerancia, evidenciado en mejores porcentajes de emergencia y velocidad de emergencia, así como una menor reducción en el crecimiento inicial frente al herbicida. Por el contrario, el híbrido Mestizo Blend resulto más sensible, registrando una disminución significativa en la emergencia y desarrollo inicial de las plantas, mientras que el híbrido Confort presentó una repuesta intermedia.

Los resultados indican que, aunque la atrazina contribuye eficazmente al control de malezas en especial las de hoja ancha, también genera cierto grado de fitotoxicidad en los pastos menos tolerantes, lo cual resalta la importancia de considerar tanto la especie forrajera como la dosis aplicada. En general los resultados confirman que la selectividad del herbicida no es uniforme entre materiales forrajeros y que su uso debe ser cuidadosamente evaluado según las condiciones de siembra y los genotipos empleados.

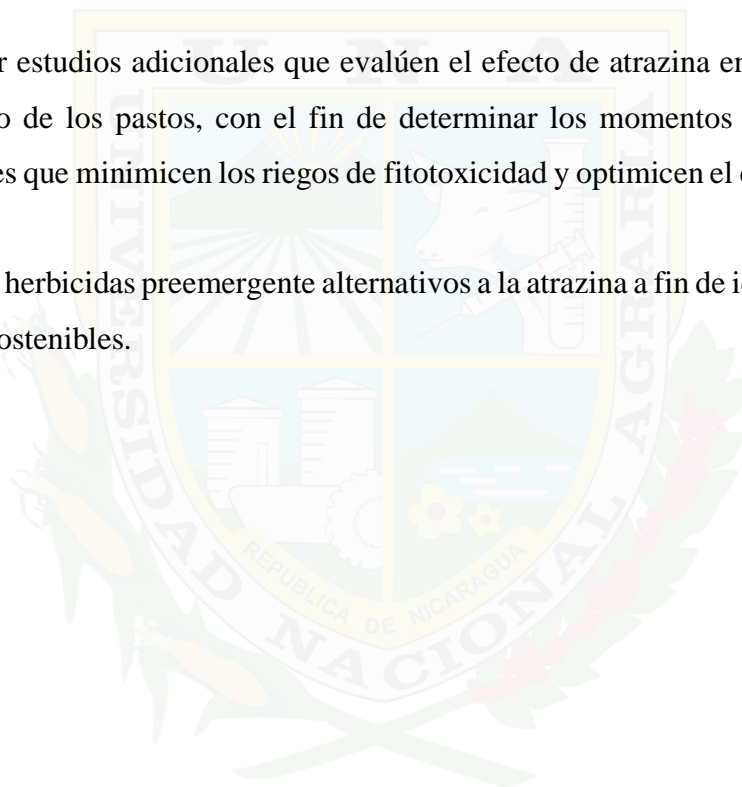
VII. RECOMENDACIONES

Considerar el establecimiento del cultivar marandú como primera opción, dado que mostro mayor tolerancia a la aplicación de atrazina y mejor desempeño inicial.

Ampliar los estudios hacia diferentes dosis y periodos de evaluación más prolongados, a fin de determinar el impacto sobre la producción de biomasa.

Se sugiere realizar estudios adicionales que evalúen el efecto de atrazina en diferentes edades de establecimiento de los pastos, con el fin de determinar los momentos de aplicación más seguros y eficientes que minimicen los riesgos de fitotoxicidad y optimicen el control de malezas.

Se sugiere evaluar herbicidas preemergente alternativos a la atrazina a fin de identificar opciones más selectivas y sostenibles.



VIII. LITERATURA CITADA

- Agricultura, O. d. (2011). *Semillas en emergencias: manual técnico*. Obtenido de (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal No. 202): <https://www.fao.org/4/i1816s/i1816s00.pdf>
- Aguilar González, X., Ronquillo Cedillo, I., Ávila Nájera, D. M., Rodríguez Hernández, C., Pedraza Mandujano, J., & Martínez Jiménez, D. L. (2021). Riesgos a la salud por el uso de herbicidas. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 10(1), 23-33. Obtenido de <https://camjol.info/index.php/PAYDS/article/view/13341/15480>
- Anzalone, A. (2007). *Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas*. Obtenido de Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado"(UCLA): https://www.researchgate.net/publication/259175751_Herbicidas_Modos_y_mecanismos_de_accion_en_plantas
- Autrán, V., Puricelli, E., & Andrés, J. (2013). Fitotoxicidad de herbicidas postemergentes sobre *Adesmia bicolor* (Poir.) DC y control de malezas asociadas. *Agriscientia*, 30(2), 57-67. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/8984/9818>
- Bárcena Del Castillo, S. (Noviembre de 2022). *Disipación de iodosulfuron-metil aplicado en suelos agrícolas con cultivo de trigo bajo diferentes tratamientos agronómicos en condiciones de invernadero. (Tesis de pregrado)*. Obtenido de E.T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM), Madrid: https://oa.upm.es/72789/1/TFG_SABRINA_JHOSELIN_BARCENA_DEL_CASTILLO.pdf
- Bolaños Marín, M. A. (2020). *Comparación de dos sistemas de control de malezas para un adecuado aforo de potreros en Costa Rica. (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Universidad Técnica Nacional, Costa Rica: <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/071df5b6-a0ed-4700-b276-1e0402658e97/content>
- Cárdenas, J., Doll, J. D., & Romero, C. (1975). *Clasificación de herbicidas*. Obtenido de Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bogotá, DE, CO: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Cali, CO.: <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/a9011cdb-7cb1-437e-b8ed-e0d69bc837d5/content>
- Caseley, J. C. (1996). *Capítulo 10. Herbicidas. Manejo de malezas para Países en Desarrollo*. Obtenido de Food & Agriculture Org: <https://www.fao.org/4/t1147s/t1147s0e.htm#cap%C3%ADtulo%2010.%20herbicidas>

- Christoffoleti, P. (28 de Abril de 2022). Herbicidas en el suelo: su dinámica e importancia. (J. L. Zorzín, Entrevistador) Obtenido de <https://www.aapresid.org.ar/blog/herbicidas-suelo-dinamica-e-importancia>
- Comastri Arruda, L. (2022). Impacto de las malezas en la producción de pasturas. *Total tecnología para el agro TOTALPEC*. Obtenido de <https://totalpec.com/blog/169/impacto-de-las-malezas-en-la-produccion-de-pasturas>
- Ernst Baez, O. D., & Ferrari Franchi, M. L. (2013). *Combinación de alternativas preemergentes y glifosato en la postemergencia en el control de malezas en maíz. (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Universidad De La Republica, Uruguay: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1740/1/3873ern.pdf>
- Giménez Verdú, I. (1989). Ensayos sobre la fitotoxicidad del benomyl, triforina y thiocur, en plantones de naranjo amargo (*Citrus aurantium* L.). *Bol. San. Veg. Plagas*, 15, 57-65. Obtenido de Referencia bibliografica con normas apa7 de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%20FBSVP-15-01-057-065.pdf
- Gómez Valero, M. G. (2024). *Herbicidas coformulados sobre el control de malezas en el cultivo de maíz (Zea Mays) (Tesis de Literatura)*. Obtenido de Universidad Técnica de BABAHOYO, Ecuador: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16008/E-UTB-FACIAG-AGRON-000111.pdf?sequence=1>
- González Villalobos, O., & Chavarrilla Córdoba, P. L. (1969). Efecto del nitrógeno y la atrazina en el rendimiento y calidad del sorgo. *Agronomía Costarricense*, 4(6), 209-216. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/96449664-d485-47f5-9429-b5c79fb30542>
- Hernández Chaves, M. &. (2004). Selectividad de herbicidas en presembrado y postemergencia temprana en los pastos *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*. 34, 93-103. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/a81b0d05-31cb-4d92-baf7-0b4a187c5776/content>
- Hernández Chaves, M. (2005). *Métodos de siembra y uso de atrazina en el establecimiento del pasto Brachiaria brizantha cv. Diamantes 1 en el trópico húmedo de Costa Rica [Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica]*. Obtenido de Repositorio SIBDI-UCR: <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/e38db59b-c688-429f-b28d-9725f8b5edea/content>
- Lorenzo Quispe, L. B. (2017). *Efecto de diferentes dosis de atrazina en dos momentos (pre y postemergente temprano) en el control de malezas en el cultivo del maíz (Zea mays L.)*

en Tulumayo (Tesis de grado). Obtenido de Universidad Nacional Agraria de la Selva: <https://repositorio.unas.edu.pe/items/5473cd66-154d-4cd8-ad92-5ac65c4de853>

Mayorga Arias, D., Guillen Mora, R. E., & Díaz Romero, S. (2019). Uso de herbicidas en el control de malezas. Importancia de su conocimiento para el profesional agrónomo. *Oportunidad Brava; Universidad Técnica de Babahoyo*, 11(1), 210. Obtenido de <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/712>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). Semillas en emergencias: manual técnico (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal No. 202) (p. 9). FAO.

Palma Bautista, C. (13 de Mayo de 2022). *Resistencia a imitadores de auxinas y herbicidas inhibidores de la EPSPS y ALS en malas hierbas dicotiledóneas. Mecanismos de resistencia*. Obtenido de Universidad de Córdoba, UCOPress: <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/23651/2022000002548.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pinto Ruiz, G. A., Tarragó, J. R., Burgos, Á. M., & Medina, R. D. (2018). Efectividad de herbicidas pre-emergentes para el control de *Amaranthus esculentus* Crantz. (ASACIM, Ed.) *Malezas 2018: II Congreso Argentino de Malezas de ASACIM: Ciencia, sociedad y hacia un manejo sustentable*, 5(2), 104 - 105. Obtenido de <https://www.asacim.org.ar/wp-content/uploads/2019/10/Argentina-2018.pdf>

Pitty, A. (2018). Modo de Acción y Resistencia de los Herbicidas que Interfieren en el Fotosistema II de la Fotosíntesis. *Ceiba; Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*, 55(1). doi:10.5377/ceiba.v55i1.5453

Rainero, H. P., Ustarroz, D., & Pons, D. (2021). *Persistencia y fitotoxicidad de atrazina en soja. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa*. Obtenido de <https://www.aapresid.org.ar/blog/persistencia-y-fitotoxicidad-de-atrazina-en-soja>

Ranal, M. A. (03 de junio de 2006). How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*, 29(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>

Riaz, S. B.-S. (2022). *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. (Poaceae) differentially responds to pre- and post-emergence herbicides through micro-structural alterations. *Agriculture*, 12(11), 1831. doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture12111831>

Rosa, E. D., Medeiros, R. D., dos Santos, E. A., Silva, D. V., & Silva, A. A. (2025). Seletividade de atrazina isolada e em mistura para híbrido convencional de milho. *Revista Ciência Agronômica*, 56(1), e20228020. Obtenido de <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230003>

- Rosales, E., & Esqueda, V. (2022). *Clasificación de los herbicidas por su modo y mecanismo de acción*. Obtenido de Sociedad mexicana de la ciencia de la maleza: <https://somecima.com/wp-content/uploads/2022/12/MEMORIA-CURSO-ACTUALIZACION-2022.pdf#page=29>
- Torres Vasconez, T. S. (2022). *Herbicidas hormonales mecanismo de acción. (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Universidad Tecnica de Babahoyo, Ecuador: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13372/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000485.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera Diaz, F., Castro Arteaga, C., Gutierrez Mora, X., & Vásconez Galarza, G. (2020). Alternativas agroecológicas para el control y manejo de arvenses en competencia específica con el cultivo de maíz (*Zea Mays L.*). *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 9(6). Obtenido de <https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/rccs/article/view/2249/1775>
- Viales López, G. (2014). Intoxicación por paraquat. *Medicina Legal de Costa Rica*, 31(2), 88-94. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v31n2/art09v31n2.pdf>
- Villegas, D. (2013). *Efecto de la aplicación de herbicidas sobre el rendimiento en Chía (Salvia hispanica L.) en la Región Metropolitana. (Tesis de Pregrado)*. Obtenido de Universidad de Chile: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148662>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del área de estudio



Anexo 2. Delimitación del área de estudio



Anexo 3. Delimitación de las parcelas experimentales



Anexo 4. Pesaje de semillas



Anexo 5. Semillas tratadas con insecticida



Anexo 6. Pesaje de dosis de atrazina



Anexo 7. Siembra de semillas



Anexo 8. Aplicación de dosis de herbicida (Atrazina)



Anexo 9. Conteo de plántulas emergidas



Anexo 10. Plántulas al 5 día post siembra con daños fitotóxicos (Clorosis leve)



Anexo 11. Medición de altura (cm) de las plantas a los 30 días post siembra



Anexo 12. Medición de diámetro del tallo (mm) de las plantas a los 30 días post siembra



Anexo 13. Formato para conteo diario de plántulas emergidas por repetición y tratamiento

Plantulas emergidas por dias							
Dia	Pasto	Repeticion 1		Repeticion 2		Repeticion 3	
		Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin
4	Cultivar Marandú						
	Pasto Híbrido confort						
	Pasto Híbrido Mestizo						
5	Cultivar Marandú						
	Pasto Híbrido confort						
	Pasto Híbrido Mestizo						
6	Cultivar Marandú						
	Pasto Híbrido confort						
	Pasto Híbrido Mestizo						

Anexo 14. Plano de campo

Pastos	Herbicidas	
	Con	Sin
Marandú	9m ²	9m ²
	9m ²	9m ²
	9m ²	9m ²
Confort	9m ²	9m ²
	9m ²	9m ²
	9m ²	9m ²
Mestizo	9m ²	9m ²
	9m ²	9m ²
	9m ²	9m ²