



# **Sensibilidad de nuevas variedades de arroz a los herbicidas Clomazone y Propanil**

**Jeisson Armando Ortiz  
Jorge Luis Munive Zabaleta**

**Universidad Magdalena**  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Agronómica  
Santa Marta, Colombia  
2022

# **Sensibilidad de nuevas variedades de arroz a los herbicidas clomazone y propanil**

**Jorge Luis Munive Zabaleta**  
**Jeison Armando Ortiz**

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

Director (a):  
Ph.D. Verónica Hoyos Castaño  
Codirector (a):  
Ph.D. Irma Quintero Pertuz

Línea de Investigación:  
Sanidad vegetal  
Grupo de Investigación:  
Fitotecnia del Trópico

**Universidad Magdalena**  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Agronómica  
Santa Marta, Magdalena, Colombia  
2022

---

**Nota de aceptación:**

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de (Ingeniero Agrónomo)

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Santa Marta, \_\_ de \_\_ del \_\_\_\_\_**

A mis padres Ariel De Jesús Munive Pupo y Martha Regina Zabaleta Gracia, a mis hermanos José Alejandro Munive Zabaleta, Karol Vanessa Munive Zabaleta y José Manuel Munive Tapia, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante todo este proceso.

A mi esposa Tania Karelys Franco Castilla por el apoyo y acompañamiento en la realización de este trabajo y a mi mayor motivación, Alejandra Itzamara Munive Franco mi hija.

A Liney Esther Ramos Luna (Q.E.P.D.) por su gran apoyo, por abrirme las puertas de su casa y hacerme un integrante más de su familia.

Jorge Luis Munive Zabaleta.

A mis padres Rosa Idelma Ortiz Tamayo y Jorge Eliecer Bermúdez Vélez, que me llenan de fortaleza y amor sin medida impulsándome a seguir luchando cada día para poder alcanzar los sueños, a mi hermano Jhon Edinson por su acompañamiento y apoyo permanente.

A mi novia Lorena Villareal Carmona por alentarme y motivarme durante todo el proceso y especialmente en los momentos más difíciles.

Jeison Armando Ortiz

## **AGRADECIMIENTOS**

Damos principalmente gracias a Dios por ser el guía en nuestras vidas, por brindarnos sabiduría y entendimiento.

Expresamos nuestros agradecimientos a Fedearroz que nos dio la oportunidad de ser parte de este proyecto, en especial al Ingeniero Baldomero Puentes por los aportes para la formulación de este.

A la Universidad del Magdalena por su contribución económica fundamental para la realización de este proyecto.

A la Ingeniera Verónica Hoyos Castaño, por su paciencia, tiempo, orientación y apoyo, por confiar en nuestras capacidades y comunicar con nosotros sus conocimientos, apoyarnos e instruirnos en este proyecto.

A la Ingeniera Irma Quintero Pertúz, por su orientación y sus aportes en la revisión del documento.

# CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS .....	8
LISTADO DE TABLAS .....	9
LISTA DE SÍMBOLOS.....	10
Capítulo 1. SENSIBILIDAD DE NUEVAS VARIEDADES DE ARROZ A LOS HERBICIDAS CLOMAZONE Y PROPANIL.....	11
RESUMEN .....	11
Abstract	12
INTRODUCCIÓN .....	13
Importancia de las malezas.....	14
Selectividad de herbicidas.....	17
OBJETIVOS .....	19
Objetivo General .....	19
Objetivos Específicos .....	19
MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
Área de estudio .....	20
Material vegetal .....	20
Experimentación.....	20
Análisis Estadístico .....	21
RESULTADOS .....	22
Fitotoxicidad de cuatro variedades de arroz en respuesta a la aplicación pos- emergente del herbicida Propanil .....	22
Fitotoxicidad de cuatro variedades de arroz en respuesta a la aplicación pre- emergente del herbicida Clomazone .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Respuesta en el crecimiento de cuatro variedades de arroz por efecto de la aplicación pos-emergente del herbicida Propanil .....	26
Respuesta en el crecimiento de cuatro variedades de arroz por efecto de la aplicación pre-emergente del herbicida Clomazone.....	28
Respuesta en la sensibilidad de cuatro variedades de arroz por efecto de la aplicación pos-emergente del herbicida Propanil .....	30
Respuesta en la sensibilidad de cuatro variedades de arroz por efecto de la aplicación pre-emergente del herbicida Clomazone.....	31
DISCUSIÓN .....	33
CONCLUSIONES.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
BIBLIOGRAFÍA .....	36
Anexo 1. Análisis estadístico de la variable peso seco en respuesta a la aplicación del herbicida Propanil .....	39
Anexo 2. Análisis estadístico de la variable altura en respuesta a la aplicación del herbicida Propanil .....	41
Anexo 3. Análisis estadístico de la variable peso seco en respuesta a la	

aplicación del herbicida Clomazone .....	43
Anexo 4. Análisis estadístico de la variable altura en respuesta a la aplicación del herbicida Clomazone .....	45
Anexo 5. Análisis log-logistic para peso seco relativo en respuesta a la aplicación del herbicida Propanil. ....	47
Anexo 5. Análisis log-logistic para peso seco relativo en respuesta a la aplicación del herbicida Clomazone .....	49
Anexo 6. Imágenes de respuesta de las variedades de arroz tratadas a la aplicación del herbicida Clomazone; (A) Evaluación a los 7 (dda), (B) Evaluación a los 14 (dda) y (C) Evaluación a los 28 (dda). ...	50
Anexo 7. Imágenes de respuesta de las variedades de arroz tratadas a la aplicación del herbicida Propanil; (A) Evaluación a los 3 (dda), (B) Evaluación a los 7 (dda) y (C) Evaluación a los 28 (dda). ....	51
Anexo 8. Imágenes del desarrollo del proyecto; (A) Germinación, preparación y siembra de semillas, (B) Adecuación, aplicación de herbicidas y tomas de datos, (C) Evaluación a los 28 (dda), recolección de material vegetal y posterior secado y pesado.....	52

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fitotoxicidad en aplicaciones pos-emergentes del herbicida Propanil en las variedades de arroz FEDEARROZ 2000 (a), FEDEARROZ YEYAMA (b), FEDEARROZ 2020 (c) y FEDEARROZ 70 (d). X: corresponde a la dosis comercial de aplicación (2064 g i.a.) .....	23
<b>Figura 2.</b> Fitotoxicidad en aplicaciones pos-emergentes del herbicida Clomazone en las variedades de arroz FEDEARROZ 2000 (a), FEDEARROZ YEYAMA (b), FEDEARROZ 2020 (c) y FEDEARROZ 70 (d). X: corresponde a la dosis comercial de aplicación (624 g i.a.) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 3.</b> Efecto de la aplicación en pos-emergencia del herbicida Propanil sobre el Peso seco de las variedades de arroz FEDEARROZ 2000 (F2000), YEMAYA, FEDEARROZ 70 (F70) y FEDEARROZ 2020 (F2020) a los 28 días después de la aplicación .....	26
<b>Figura 4.</b> Efecto de la aplicación en pos-emergencia del herbicida Propanil sobre altura de planta de las variedades de arroz FEDEARROZ 2000 (F2000), YEMAYA, FEDEARROZ 70 (F70) y FEDEARROZ 2020 (F2020) a los 28 días después de la aplicación .....	27
<b>Figura 5.</b> Peso seco de cuatro variedades de arroz evaluadas a los 28 días después de aplicación del herbicida Clomazone .....	28
<b>Figura 6.</b> Altura de planta de cuatro variedades de arroz evaluadas a los 28 días después de aplicación del herbicida Clomazone.....	30
<b>Figura 7.</b> Dosis-respuesta modelada para la reducción de el peso seco de tres variedades nuevas de arroz y variedad testigo (FEDEARROZ 2000) en respuesta a la aplicación del herbicida Propanil (2064 g i.a ha-1) 28 días después de la aplicación. ....	31
<b>Figura 8.</b> Dosis-respuesta modelada para la reducción de el peso de tres variedades nuevas de arroz y variedad testigo (FEDEARROZ 2000) en respuesta a la aplicación de Propanil (2064 g ia ha-1) 28 días después de la aplicación .....	32



## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estimación de parámetros de la curva dosis-respuesta utilizada para calcular la dosis de herbicida requerida para la reducción de el peso seco al 50% (GR50) a los 28 días después de la aplicación del herbicida clomazone en tres nuevas variedades de arroz y un cultivar testigo Fedearroz 2000. ....	31
---	----

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
	Hectárea
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
ml	Milímetro
L	Litro
i.a.	Ingrediente activo
°C	Grado Celsius
HR%	Humedad Relativa
g	Gramos

# Capítulo 1. SENSIBILIDAD DE NUEVAS VARIEDADES DE ARROZ A LOS HERBICIDAS CLOMAZONE Y PROPANIL

## RESUMEN

El arroz es la segunda fuente de alimento más importante del mundo, y en diferentes países tiene impacto económico y social debido a la generación de empleo y el aporte que tiene al Producto Interno Bruto. En Colombia este cultivo abarca una superficie de 500.924 hectáreas, distribuidas en cinco zonas arroceras, siendo uno de los cultivos de ciclo corto más importantes. Dentro de las limitaciones del cultivo están los insectos plaga, enfermedades y malezas, estas últimas afectando directa e indirectamente la producción. Esto conlleva a emplear diferentes métodos de control de malezas, donde el uso de herbicidas es la herramienta más efectiva y relativamente económica. En este sentido, el presente proyecto buscó evaluar el efecto de la aplicación de dos herbicidas en tres variedades nuevas de arroz (FEDEARROZ YEMAYA, FEDEARROZ 70 y FEDEARROZ 2020). Se evaluó en pre-emergencia el herbicida Clomazone y en post-emergencia Propanil, y como testigo comercial se utilizó la variedad FEDEARROZ 2000. Se realizaron dos experimentos independientes dispuestos en un arreglo completamente al azar con cuatro repeticiones, con diseño experimental factorial 4x6, donde el factor A fueron las cuatro variedades (F2020, YEMAYA, F70 y F2000), y el factor B las seis dosis de los herbicidas. Estas correspondieron a dosis crecientes de los dos herbicidas, 0X, 0,25X, 0,5X, 1X, 1,5X y 2X, donde X correspondía a la dosis comercial de cada ingrediente activo (i.a.) de acuerdo con el producto comercial utilizado. De este modo, la dosis recomendada para Propanil fue de 4,3 L/ha<sup>-1</sup> (2064 g i.a.) y para Clomazone de 1,3 L/ha<sup>-1</sup> (624 g i.a.). Las evaluaciones realizadas a las nuevas variedades de arroz mostraron sensibilidad a las aplicaciones del herbicida Clomazone, evidenciado en los primeros 15 días de evaluación. Igualmente, las variables de altura y peso seco final, mostraron diferencias significativas, a mayor dosis de Clomazone menor altura y peso seco final. Por el contrario, para Propanil las tres nuevas variedades mostraron estabilidad en la respuesta a las dosis evaluadas, al no presentar sintomatología por toxicidad, reducción en altura o disminución en el peso seco al compararlas con el testigo comercial. Se pudo determinar que la variedad FEDEARROZ F2020 fue la más sensible al herbicida clomazone, mientras que la variedad FEDEARROZ YEMAYA presentó menor sensibilidad.

**Palabras claves:** herbicida, sensibilidad, pre-emergente, post-emergente.

## Abstract

Rice is the second most important food source in the world, and in different countries it has an economic and social impact due to the generation of employment and the contribution it has to the Gross Domestic Product. In Colombia, this crop covers an area of 500,924 hectares, distributed in five rice areas, being one of the most important short-cycle crops. Within the limitations of the crop are pest insects, diseases and weeds, the latter directly and indirectly affecting production. This leads to the use of different weed control methods, where the use of herbicides is the most effective and relatively economical tool. In this sense, the present project sought to evaluate the effect of the application of two herbicides in three new varieties of rice (FEDEARROZ YEMAYA, FEDEARROZ 70 and FEDEARROZ 2020). The herbicide Clomazone was evaluated pre-emergence and Propanil post-emergence, and the FEDEARROZ 2000 variety was used as a commercial control. Two independent experiments arranged in a completely random arrangement with four repetitions were carried out, with a 4x6 factorial experimental design, where factor A were the four varieties (F2020, YEMAYA, F70 and F2000), and factor B the six doses of herbicides. These corresponded to increasing doses of the two herbicides, 0X, 0.25X, 0.5X, 1X, 1.5X and 2X, where X corresponded to the commercial dose of each active ingredient (a.i.) according to the commercial product used. Thus, the recommended dose for propanil was 4.3 L/ha-1 (2064 g a.i.) and for clomazone 1.3 L/ha-1 (624 g a.i.). The evaluations carried out on the new rice varieties showed sensitivity to the applications of the herbicide clomazone, evidenced in the first 15 days of evaluation. Likewise, the variables of height and final dry weight showed significant differences, the higher the dose of clomazone, the lower the height and final dry weight. On the contrary, for propanil the three new varieties showed stability in the response to the evaluated doses, as they did not present symptoms due to toxicity, reduction in height or decrease in dry weight when compared to the commercial control. It was determined that the FEDEARROZ F2020 variety was the most sensitive to the clomazone herbicide, while the FEDEARROZ YEMAYA variety was less sensitive.

**Keywords:** herbicide, sensitivity, pre-emergent, post-emerge.

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es la segunda fuente de alimento más importante del mundo, representando más del 20% de la ingesta calórica mundial. Dentro de los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones, Colombia con rendimientos de 6,4 ton ha<sup>-1</sup> de arroz paddy ocupa el segundo lugar después de Perú, donde se registran rendimientos de 7,4 ton ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, estos rendimientos se encuentran por debajo de los reportados en países como los EE. UU. y el bloque comercial Mercosur (Ramírez *et al.*, 2011).

En Colombia, el arroz es uno de los cultivos de ciclo corto más importantes. Para el 2016 se sembraron 525 mil hectáreas con una producción de 2,9 millones de toneladas y rendimiento total de 5,7 ton ha<sup>-1</sup> año. Del total de área sembrada en el país, 94% correspondieron a arroz mecanizado y 6 % a arroz tradicional (DANE y Fedearroz, 2017). El cultivo genera alrededor de 500 mil empleos directos e indirectos, en más de 215 municipios del país, los cuales dependen en un 90% de esta actividad (Chica *et al.*, 2016). Según el IV Censo Nacional Arrocero, existen aproximadamente 21.800 productores, en 26.733 UPA (Unidades Productoras de Arroz), distribuidas en las cinco zonas productoras del país (FEDEARROZ, 2016). El consumo per cápita de arroz en Colombia es más elevado que en EE. UU., en el 2016 se registró en promedio un consumo de 35,2 Kg/año y de 8,3 Kg/año, respectivamente, manteniéndose por debajo del promedio de consumo mundial que está alrededor de 53 Kg/año (Chica *et al.*, 2016). A lo largo de los años Colombia ha cumplido con la necesidad básica de consumo interno con producción propia y sumado a esto realiza algunas importaciones en pequeñas cantidades; sin embargo, desde 2012, año en que entra en vigencia el TLC con EUA, algunas fallas con el tema fitosanitarios, el cambio climático, junto a la posibilidad de importar mayores volúmenes desde el primer año del tratado, ha generado un punto de crecimiento en las importaciones y una disminución del área cultivada, por la desmotivación que el tratado ha generado entre los productores (Chica *et al.*, 2016).

Dada esta importancia, la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ), busca el mejoramiento continuo de sus variedades para la obtención de materiales competitivos de acuerdo con las necesidades de producción e industria. Para el año 2017, FEDEARROZ lanzó cinco nuevas variedades desarrolladas para las diferentes zonas arroceras del país, donde se destacan las variedades Fedearroz 70 y Fedearroz Yemaya para siembras en las zonas Centro, Llanos Orientales y Caribe Húmedo (Fedearroz, 2017), y más recientemente se destaca la variedad Fedearroz 2020 para las zonas Tolima, Huila, Caribe Húmedo y Caribe Seco (Fedearroz, 2021).

*FEDEARROZ 70*: presenta ciclo precoz de 100-115 días después de emergencia, moderadamente tolerante al virus de hoja blanca (VHB). En pruebas semi-comerciales presentó rendimientos entre 7,8 y 10,3 ton ha<sup>-1</sup>, excelente calidad molinera con índice de pilada de 58,42-64-6%, alto peso de grano 29,4 gr/1000 granos, excelente calidad culinaria, 32% de contenido de amilosa (Fedearroz, 2017).

*FEDEARROZ YEMAYA*: tiene un ciclo de cultivo intermedio de 110-120 días después de emergencia, moderadamente tolerante al virus de hoja blanca (VHB). En pruebas semi-comerciales presentó rendimientos entre 7,5 y 8,7 ton ha<sup>-1</sup>, excelente calidad molinera con índice de pilada de 57,82-61-7%, excelente calidad culinaria, 57,8-61,7% de contenido de amilosa (Fedearroz, 2017).

*FEDEARROZ 2020*: es una variedad donde su principal característica es la relación calidad/rendimiento, con buen registro en ambos semestres mostrando amplia adaptabilidad y estabilidad (Fedearroz, 2021).

Estas nuevas variedades han surgido como alternativas para los productores antes temas como las condiciones climáticas en lo largo del territorio nacional, el trabajo en la parte de mejoramiento genético con el fin ajustar parámetros de producción, haciendo adiciones en caracteres genotípicos y fenotípicos que contribuyan a garantizar producciones más rentables.

### ***Importancia de las malezas***

En cualquier sistema productivo de arroz, las malezas son una de las principales limitantes para la producción, causando pérdidas significativas de las cosechas. Estas especies son de gran importancia por la competencia que tienen respecto al cultivo principal por diferentes recursos como agua, luz, nutrientes. Sin embargo, pueden ser de utilidad en temas relacionados con la prevención de la erosión del suelo, y reciclar nutrientes, entre otros beneficios. Debido a esto es necesario entender que el concepto maleza es relativo (ANAR, 2010).

En el mundo las pérdidas promedio en la producción de arroz a causa de las malezas están alrededor del 13%; sin embargo, en el cultivo de arroz en Colombia se han reportado pérdidas desde el 30 hasta del 73% por efecto de las malezas (Cobb y Reade, 2010). Este impacto en la producción del cultivo muestra la necesidad de emplear técnicas de control de malezas, pero la conveniencia y los efectos de unos u otros métodos deben ser evaluados (Ramírez y Plaza, 2014). En este cultivo se utilizan diferentes estrategias para el control de las malezas, como son métodos químicos, mecánicos, físicos, culturales o una combinación de éstos. No obstante, el método químico es el más ampliamente utilizado en el mundo y Colombia, debido a la eficacia,

economía, rapidez en el control y al menor esfuerzo (Fedearroz, 2016).

El control químico es una herramienta eficiente y de uso común, convirtiéndose en una de las prácticas agronómicas de excesiva confianza para los productores por su eficacia, siendo cada más atractivo económicamente y más usado por los productores, lo que conlleva al abandono de otros métodos de control (INIAP, 2007). Por su parte Akbar et al. (2011) reporta que el mayor impacto sobre la comunidad de malezas se consigue con el control manual de los individuos, sin embargo, el elevado costo de esta práctica potencializa la conveniencia de la utilización de herbicidas.

Los herbicidas se pueden clasificar por su época de aplicación, la cual dependerá del estado de desarrollo del cultivo o las malezas, encontrando aplicaciones en pre-siembra (antes de la siembra del cultivo), en preemergencia (entre la siembra del cultivo y la germinación de las malezas), y en pos-emergencia (luego de la emergencia del cultivo) (Fedearroz, 2016).

Dentro de los herbicidas pre-emergentes para prevenir la emergencia o el crecimiento temprano de plántulas de malezas, se utilizan - aplican los herbicidas inhibidores de la biosíntesis de carotenoides, encontrándose en este grupo el ingrediente activo Clomazone. Por su parte, dentro de los herbicidas post-emergentes al cultivo del arroz, que pueden ser aplicados en tres diferentes momentos de acuerdo con el desarrollo del cultivo (temprana, media y tardía), se encuentran los inhibidores de la fotosíntesis a nivel del Fotosistema II (PSII), como es el caso del ingrediente activo Propanil (Fedearroz, 2016).

**Clomazone** pertenece al grupo químico isoxazolidinonas, clasificado como grupo 13 según el comité de acción contra la resistencia a herbicidas (HRAC) (HRAC, 2021). Es un herbicida inhibidor de la biosíntesis de los pigmentos carotenoides, específicamente la acción de la enzima 1-desoxi-D-xulosa 5-fosfato sintetasa (DOXP) sintasa, componente clave en la síntesis de precursores isoprenoides, del phytol y del tetrapyrrol, estos últimos necesarios para la biosíntesis de carotenoides (Zimdahl, 2018). La no formación de pigmentos carotenoides genera blanqueamiento en el tejido joven en desarrollo y su ausencia implica que la protección que estos brindan a la clorofila contra la fotooxidación de la luz solar se anule, lo cual genera que la clorofila formada se degrade rápidamente en presencia de luz seguida de peroxidación de lípidos de la membrana. Por lo anterior se dice que el clomazone tiene una acción doble (Cobb y Reade, 2010).

Se absorbe por las raíces y terminales meristemáticos en crecimiento activo con translocación ascendente o acropétala. Las especies de plantas susceptibles emergen, pero carecen de pigmentación porque colapsan y mueren (Cobb y Reade,

2010). Es un herbicida selectivo en cultivos de soja, algodón, arroz, caña de azúcar, tabaco, pimientos y calabaza, controlando malezas anuales de hoja ancha y gramíneas (Zimdahl, 2018). A pesar de su selectividad, dosis de 480 gramos por litro, puede causar fitotoxicidad al cultivo con rápida recuperación de las plantas de cultivo. (FEDEARROZ, 2017). En el cultivo del arroz se utiliza para el control de malezas gramíneas y hojas anchas aplicado en preemergencia o en pre-siembra incorporada (Cobb y Reade, 2010). El periodo de reentrada (PR) es de 12 horas, el periodo de carencia (PC) de 30 días y se utiliza una dosis de 1.25 a 1.5 L/Ha (Fedearroz, 2017).

El Clomazone presenta solubilidad en agua de 1100 mg/l, no iónico, lo que significa que no contienen grupos funcionales disociables, por lo tanto no tiene inconvenientes en el agua como tensioactivo, es altamente móvil, persiste en el suelo entre 10-137 días lo que lo hace moderadamente persistente y en el metabolismo de la planta 4.8 días, evidencia un grado de absorción de 79 ml/g y el logaritmo del coeficiente de reparto es de 2.54, este parámetro es muy importante para evaluar el destino del herbicida y su comportamiento ambiental (Fuentes, 2010).

**Propanil:** es un herbicida inhibidor de la fotosíntesis interfiriendo con el transporte de electrones en el fotosistema II uniéndose a un aminoácido (serina 264) de la proteína D1. Perteneciente a la familia química de las amidas, y se encuentra clasificado según la HRAC en el grupo 5 (HRAC, 2021). Es un herbicida de acción post-emergente, selectivo al arroz y de amplio espectro de acción, controlando las principales malezas que afectan al cultivo. Actúa rápidamente por contacto, obligando a que las malezas deban estar emergidas en el momento de la aplicación. Las aplicaciones deben realizarse en las primeras fases de desarrollo de las malezas (2 a 3 hojas). Controla gramíneas, hoja ancha y ciperáceas (Fedearroz, 2017). El periodo de reentrada (PR) es de 3 horas, el periodo de carencia (PC) de 56 días (Fedearroz, 2017). La selectividad al herbicida Propanil en el cultivo de arroz se explica a partir de los altos niveles que posee de la enzima aril acilamidasa, la cual rompe el enlace amida formando ácido propiónico y 3,4-dicloroanilina (Frear y Still, 1968).

El herbicida cuenta con una solubilidad en agua de 130 mg/l, no iónico, lo que significa que no contienen grupos funcionales disociables, por lo tanto no tiene inconvenientes en el agua como tensioactivo, presenta movilidad alta-moderada, persiste en el suelo entre 1-4 días lo que lo hace muy poco persistente y en el metabolismo de la planta 0.8 días, evidencia un grado de absorción de 79 ml/g y el logaritmo del coeficiente de reparto es de 2.8, este parámetro es muy importante para evaluar el destino del herbicida y su comportamiento ambiental (Fuentes, 2010).



## ***Selectividad de herbicidas***

El control de las malezas o el equilibrio de la emergencia y el constante crecimiento es un proceso de gran importancia para cualquier cultivo, evitando así la reducción del rendimiento por competencia con malezas. El control químico en los últimos tiempos ha tomado gran importancia debido a su gran utilidad y conveniencia en cualquier situación de control, garantizando estabilidad en la producción y un significativo bajo de costos en mano de obra (Usui, 2001). Los herbicidas apropiados para realizar el control deben cumplir algunos parámetros o poseer algunas características, tales como, contar con alta eficacia manteniendo bajos niveles de contaminación ambiental, alta actividad y por último no ser persistente. Por otra parte, la selectividad es una de las características requeridas para un control de malezas con gran efectividad y seguridad ambiental (Usui, 2001).

La selectividad hace referencia a la capacidad que poseen algunos ingredientes activos herbicidas para causar alteraciones metabólicas o fisiológicas, que conllevan a la muerte diferencial de ciertas especies de plantas (Anzalone, 2007). En cuanto a esto, existen dos procesos fundamentales relacionados con las épocas de aplicación que apoyan a la selectividad de herbicidas (Usui, 2001): 1) la aplicación pre-emergencia o al suelo, 2) la aplicación post-emergencia o foliar.

El primer método de aplicación se enfoca en factores del suelo y/o ecológicos, la incorporación de herbicidas en la parte superficial del suelo buscado garantizar la óptima absorción, la profundidad de la germinación, la ubicación de las raíces y la posición de los puntos de elongación u órganos de las plantas. El otro método se basa en el componente fisiológico que se designa a las plantas (los cultivos y las malezas). Los herbicidas penetran o son absorbidos por las plantas directamente o después de que han sido transformados y transportados a los órganos de la planta o sitios objetivo para mostrar actividad fitotóxica (Usui, 2001).

El metabolismo de los herbicidas en las plantas se define como un conjunto de reacciones químicas que ocurren en las moléculas herbicidas una vez estos ingresan a la planta, conllevando a la modificación de sus características físico químicas iniciales (Anzalone, 2007). Este metabolismo es un factor fisiológico de gran importancia para la selectividad, debido a que en muchos casos se ha demostrado que la capacidad que tiene una planta de sobrevivir a la aplicación de un herbicida está estrechamente relacionada con la capacidad de metabolización de este (Anzalone, 2007), aun cuando existen otros factores involucrados como por ejemplo la sensibilidad que abarca variables como las enzimas y los componentes de los herbicidas (Usui, 2001)

Dentro del metabolismo de los herbicidas se encuentra la activación e inactivación (desintoxicación). Por otra parte, el proceso en que las sustancias químicas más desintoxicadas en los cultivos y/o más activadas o ya sean menos desintoxicadas en las malezas son desarrolladas para actuar como herbicidas selectivos. Algunos cultivos o especies de malezas tienen diferentes tipos y actividades de enzimas encargadas de metabolizar los herbicidas en diferentes proporciones, esto sería la prueba clave para evidenciar el metabolismo diferencial de los herbicidas que conduce a la selectividad (Roberts *et al.*, 1998).

Las variedades pueden tener respuestas diferenciales a los ingredientes activos de herbicidas, esto debido a diferencias anatómicas, morfológicas y/o fisiológicas, respuestas que se pueden expresar en lesiones que pueden o no afectar el crecimiento y potencialmente la producción (Arévalo, 2019). Entender las tolerancias (selectividad) de los cultivos a los nuevos herbicidas es de gran importancia para reducir el riesgo de pérdida de producción y para hacer óptimas recomendaciones de dosificación para los agricultores, la tolerancia de los cultivos a los herbicidas se debe, en gran parte, a la capacidad de un cultivo para metabolizar e iniciar el proceso de detoxificación ante la acción del herbicida (Wright *et al.*, 2021). Es posible que diferentes cultivares del mismo cultivo exhiban diferentes niveles de tolerancia a un herbicida. Un buen ejemplo de esto es la tolerancia que se observa en las diferentes variedades de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] a la metribuzina (Wright *et al.*, 2021). Para el cultivo de arroz también se presentan respuestas diferenciales a algunos herbicidas. Por ejemplo, los cultivares de arroz tolerantes a la imidazolinona no coinciden en la tolerancia a imazamox (Bond y Walker 2011), en el que dos cultivares híbridos de arroz exhibieron más lesiones que un cultivar de puralina de grano largo a una aplicación de imazamox (Wright *et al.*, 2021).

La tolerancia a un herbicida se puede ver alterada en un cultivo por muchos factores, incluida la dosis de los herbicidas, la etapa de crecimiento del cultivo en la aplicación y los factores ambientales cerca del momento de la aplicación (Wright *et al.*, 2021). El estudio realizado por Bond y Walker (2011) permite observar las diferencias de cultivar en respuesta a un herbicida y el efecto de la etapa de crecimiento sobre el daño y el rendimiento. Estos autores mostraron que el rendimiento de grano de los cultivares híbridos se redujo de 9 a 21% cuando se aplicó imazamox 14 días después del inicio de la panícula y en el arranque, pero no cuando se realizó la aplicación del herbicida al inicio de la panícula. La tolerancia diferencial de los cultivares de arroz está bien documentada, con numerosos ejemplos de etapa de crecimiento, tasa de herbicidas y cultivares (Wright *et al.*, 2021).

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo General***

Determinar la sensibilidad de tres nuevas variedades de arroz (*FEDEARROZ 70, FEDEARROZ YEMAYA Y FEDEARROZ 2020*) a los herbicidas Clomazone y Propanil.

### ***Objetivos Específicos***

1. Evaluar el efecto del herbicida Clomazone en aplicaciones pre-emergentes en las variedades de arroz FEDEARROZ 70, FEDEARROZ YEMAYA y FEDEARROZ 2020.
2. Evaluar el efecto del herbicida Propanil en aplicaciones post-emergente en las variedades de arroz FEDEARROZ 70, FEDEARROZ YEMAYA y FEDEARROZ 2020.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

La investigación se desarrolló en casa de mallas en el Centro Integral de Desarrollo Agrícola y Forestal de la Universidad del Magdalena ubicada en el Distrito de Santa Marta, departamento del Magdalena, con coordenadas N 11° 13.25" - W 74° 11' 02" con elevación de 7 msnm, precipitaciones anuales de 1527 mm en promedio, temperaturas de 28 °C y humedad relativa de 82% en promedio (IDEAM 2010).

### *Material vegetal*

Se evaluaron tres nuevas variedades de la Federación Nacional de Arroceros denominadas FEDEARROZ 2020 (F2020), FEDEARROZ YEMAYA (YEMAYA) y FEDEARROZ 70 (F70), como testigo comercial se utilizó la variedad FEDEARROZ 2000 (F2000), la cual, es ampliamente utilizada en todas las zonas arroceras del país.

Para todas las variedades, se utilizaron semillas pre-germinadas con emisión de hipocótilo en el tratamiento post-emergente (Propanil), trasplantando cinco (5) plántulas por matera, y siembra directa para el tratamiento pre-emergente (Clomazone), sembrando cinco semillas por matera. Se utilizaron materas de 150 mm x 150 mm x 350 mm las cuales contenían suelo-sustrato a base de cascarilla de arroz en proporción 2:1 (Anexo 8).

### *Experimentación*

Se realizaron dos experimentos independientes, uno por cada herbicida a evaluar (Anexo 8). El experimento uno correspondió al herbicida **Propanil** (inhibidor del fotosistema II), el cual se aplicó en pos-emergente cuando las plantas de arroz tenían entre 2-4 hojas verdaderas. El experimento dos correspondió al herbicida **Clomazone** (inhibidor de carotenoides), el cual se aplicó en pre-emergencia un día después de siembra de las semillas de arroz. Para ambos experimentos se utilizó una aspersora de precisión con regulador de presión, boquilla de abanico HYPRO F80-01 y descarga de 0.1 gpm a 40 psi con ángulo de aspersión de 80°, posee espectro de tamaño de gotas mezclado, lo que permite una entrega efectiva lo mismo que la retención de los agroquímicos.

Los dos experimentos se dispusieron en un arreglo completamente al azar con cuatro repeticiones, y correspondió a un diseño experimental factorial 4x6, donde el factor A fueron las cuatro variedades (F2020, YEMAYA, F70 y F2000), y el factor B las seis

dosis de los herbicidas. Estas correspondieron a dosis crecientes de los dos herbicidas, 0X, 0,25X, 0,5X, 1X, 1,5X y 2X, donde X correspondía a la dosis comercial de cada ingrediente activo (i.a.) de acuerdo con el producto comercial utilizado. De este modo, la dosis recomendada para propanil fue de 4,3 L/Ha (2064 g i.a.) y para clomazone de 1,3 L/Ha (624 g i.a.).

Las variables evaluadas fueron fitotoxicidad (%), altura (cm) y peso seco (gr/planta). Para fitotoxicidad se tuvo en cuenta el daño en planta, evaluando sintomatología como clorosis, marchitamiento, malformación de las hojas y retraso en el crecimiento, mediante escala visual, donde 0% corresponde a ausencia de síntomas y 100% a la muerte de la planta. Adicionalmente, se evaluó emergencia (%) en las aplicaciones pre-emergentes con Clomazone. Tanto fitotoxicidad como altura de la planta se evaluaron a los 3, 6, 14, 21 y 28 días después de aplicación (dda). A los 28 dda se determinó peso seco de la parte aérea, secado en estufa a 70°C por 72 horas (Anexo 8).

### **Análisis Estadístico**

Los datos se analizaron con el programa estadístico RStudio version 3.5.2 (R Core Team, 2019), evaluando los supuestos de normalidad y análisis de varianza para cada factor e interacción entre los factores, finalmente se realizó la prueba de comparación de medias con confianza de 95% cuando se presentaron diferencias significativas. Las diferentes respuestas de la sensibilidad de las dosis respuesta se evaluaron mediante un análisis de curvas dosis respuesta usando un model log-logistic con tres parámetros (ecuación 1) con el paquete drc del programa estadístico RStudio (Ritz *et al.*, 2015). Este análisis permitió determinar la dosis a la cual se reduce el 50% del crecimiento (GR<sub>50</sub>) a partir del peso seco.

$$y = f(x) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$$

En el modelo,  $y$  representa la respuesta de crecimiento (peso seco) a la dosis  $x$  del herbicida;  $c$  representa el límite inferior (fijado en 0);  $d$  representa el límite superior;  $b$  describe la pendiente de la curva alrededor de  $e$ ; y los valores de  $e$  corresponden a la dosis de los herbicidas (Propanil y Clomazone) necesarios para reducir la variable respuesta (GR<sub>50</sub>). Para visualizar la variable respuesta se utilizó la reducción del crecimiento con respecto a los no tratados (peso seco relativo). El modelo de tres parámetros se seleccionó de acuerdo con la mejor aptitud de la curva utilizando la función `mselect` en el paquete `drc`.

## RESULTADOS

### ***Fitotoxicidad de cuatro variedades de arroz en respuesta a la aplicación pos-emergente del herbicida Propanil***

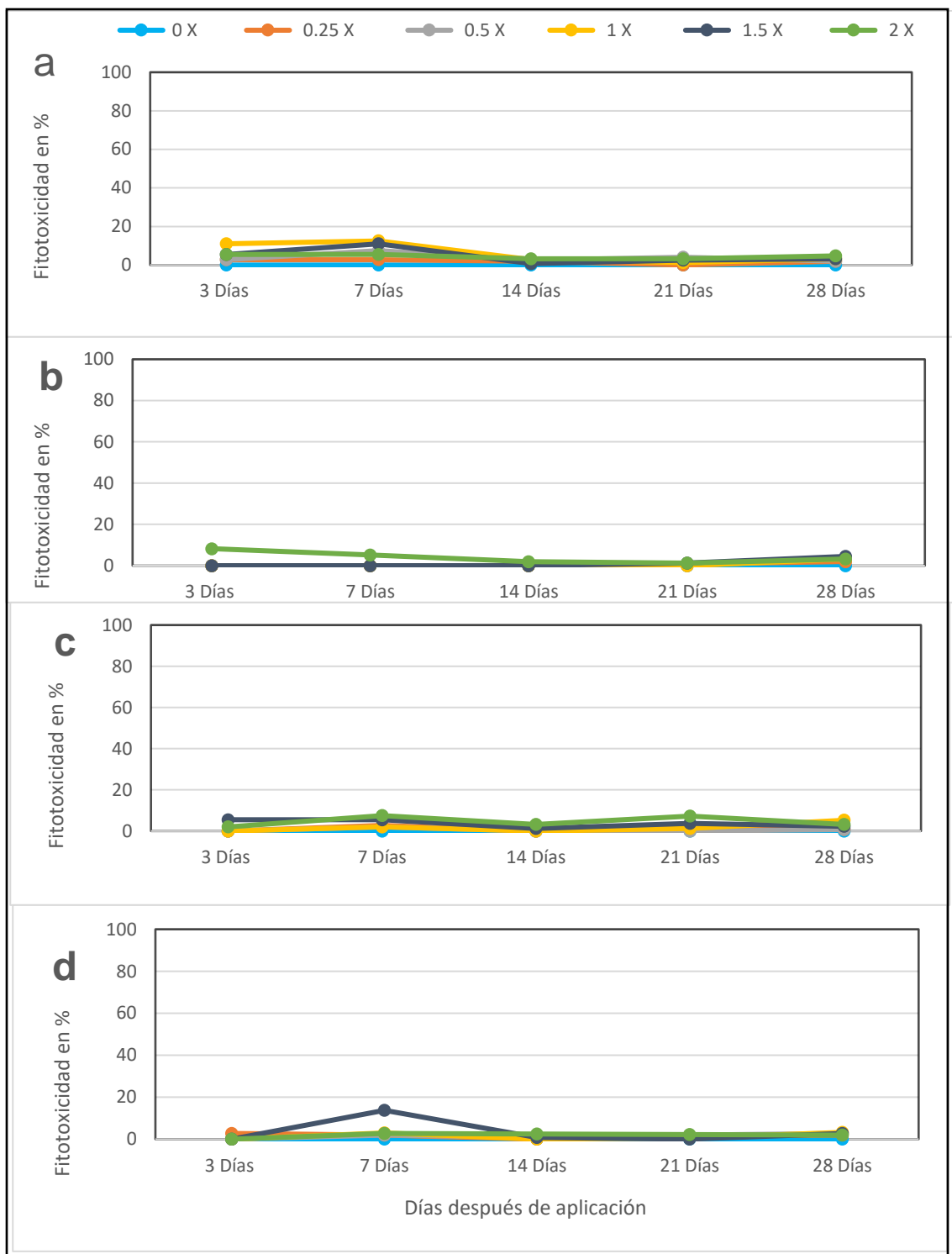
En la figura 1 se logra evidenciar que los tratamientos que generaron mayor toxicidad en la variedad testigo (F2000), fueron los correspondientes a las mayores dosis de aplicación (dosis comercial (1X equivalente a 2064 g i.a), 1,5X y doble de la dosis comercial) en los primeros 7 días después de aplicación (dda).

En términos generales, la mayor afectación para esta variedad se observó en la primera semana de evaluación (7dda), posteriormente se evidenció una disminución progresiva en la sintomatología para la segunda evaluación (14 dda), y a partir de este momento se observa una estabilidad de los niveles de toxicidad, lo que significa que después de una semana la planta empieza el proceso de detoxificación ante la acción del herbicida, logrando la estabilidad o recuperación 15 días después de la aplicación. La fitotoxicidad evaluada no superó el 12% en la escala visual para la primera semana, descendiendo a partir de ese momento hasta alcanzar valores por debajo del 5%, valores que no son significativos (Figura 1a, Anexo 7).

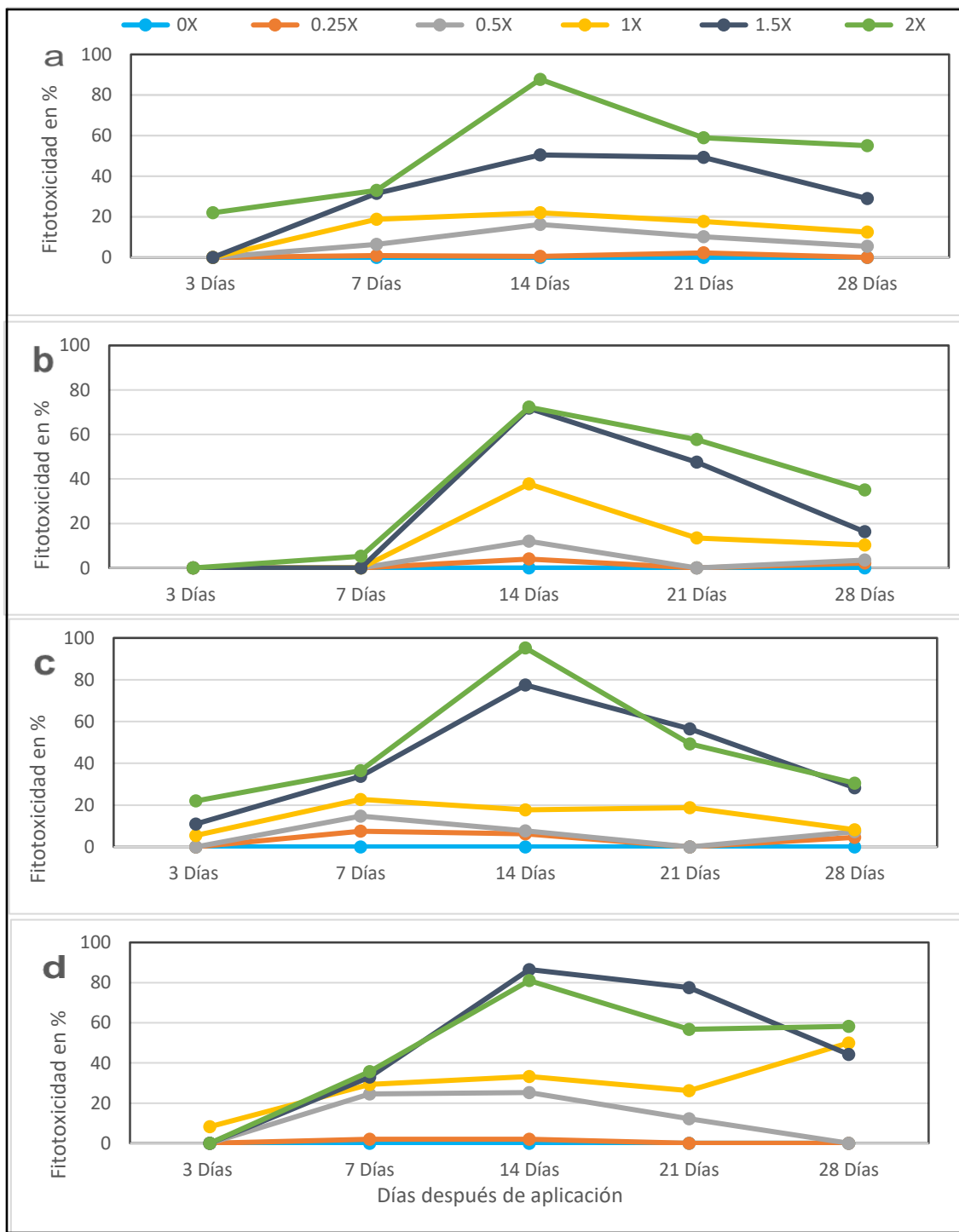
En la variedad YEMAYA, la sintomatología asociada a fitotoxicidad se observó solo en la dosis más alta (doble de la dosis 2X, equivalente a 4128 g i.a), reflejando amarillamiento en las hojas a los 3 DDA con un 10%, el cual descendió durante toda la evaluación (1b, Anexo 7). X: corresponde a la dosis comercial de aplicación (2064 g i.a.).

La fitotoxicidad de Propanil en la variedad F2020 con síntomas presentes a partir del día 3 DDA, persistiendo persistieron hasta el día (28 dda); sin embargo, los valores durante toda la experimentación estuvieron por debajo del 10% para los tratamientos de dosis comercial (1X), 1,5 (6,4 L/H) y doble de la dosis comercial (Figura 1c).

En la variedad F70, todos los tratamientos evaluados evidencian síntomas a partir del primer momento de evaluación (3dda) con valores inferiores al 5% (no significativos). No obstante, el tratamiento correspondiente a 1,5 la dosis comercial (6.4 L/HA), presentó la toxicidad más elevada el día (7 dda) con un valor del 15% (Figura 1d, Anexo 7).



**Figura 1.** Fitotoxicidad en aplicaciones pos-emergentes del herbicida Propanil en las variedades de arroz FEDEARROZ 2000 (a), FEDEARROZ YEYAMA (b), FEDEARROZ 2020 (c) y FEDEARROZ 70 (d). X: corresponde a la dosis comercial de aplicación (2064 g i.a.)



**Figura 2.** Fitotoxidad en aplicaciones pos-emergentes del herbicida Clomazone en las variedades de arroz FEDEARROZ 2000 (a), FEDEARROZ YEYAMA (b), FEDEARROZ 2020 (c) y FEDEARROZ 70 (d). X: corresponde a la dosis comercial de aplicación (624 g i.a.).



### ***Fitotoxicidad de cuatro variedades de arroz en respuesta a la aplicación pre-emergente del herbicida Clomazone***

La variedad F2000 evidenció sintomatología de fitotoxicidad para cada uno de los tratamientos evaluados a partir del primer monitoreo (3 dda) con valores relativamente bajos, a excepción del doble de la dosis comercial (1248 g i.a), la cual, mostro cerca de 20% de afectación para este momento de evaluación. Durante los demás monitoreos realizados entre los 7 a los (28 dda) se observó incremento en la sintomatología, obteniendo valores de toxicidad entre 50 a 90% en los tratamientos correspondientes a 1,5 y 2 veces la dosis comercial. Durante el tercer monitoreo (14 dda) se observaron síntomas como clorosis, marchitamiento y en menor medida malformación (Anexo 6). Para los tratamientos de la mitad de la dosis comercial (0,5 L/Ha) y la dosis comercial (1,3 L/Ha) mostraron valores de fitotoxicidad por debajo del 22% para el día (14 dda), y 12% para el ultimo monitoreo (28 dda). Por otra parte, el tratamiento de 0,25 dosis comercial (0,3 L/Ha) mostró valores de fitotoxicidad inferiores al 5% con mucha similitud al control donde no se aplicó el herbicida (Figura 2a).

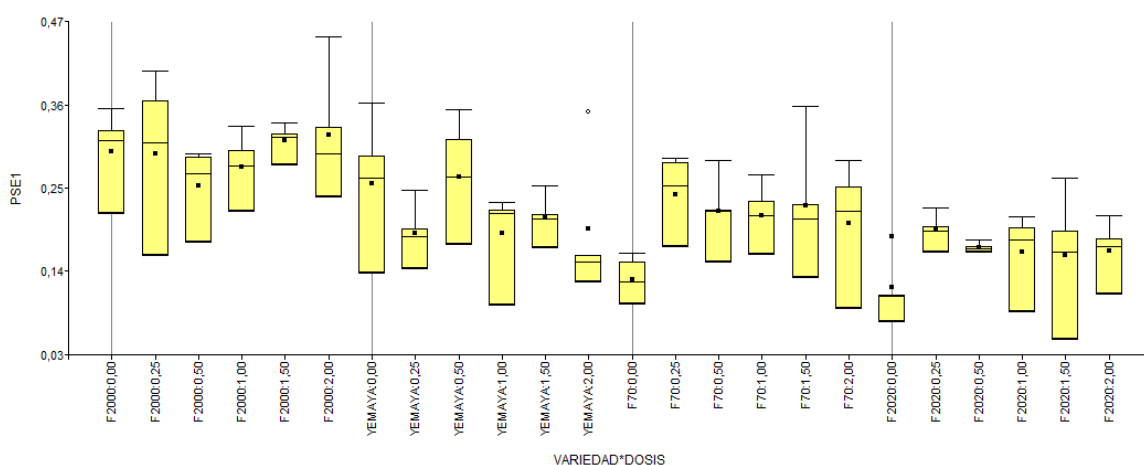
En la figura 2b se observa que los tratamientos evaluados mostraron sintomatología a partir de los siete (7 dda) hasta los (28 dda) para la variedad YEMAYA. Los tratamientos con valores más altos de fitotoxicidad fueron los correspondientes a 1.5 dosis comercial y el doble de la dosis en el tercer monitoreo (14 dda) con una fitotoxicidad del 70% representados mayoritariamente por clorosis, marchitamiento y en menor proporción malformación (Anexo 6), sintomatología que disminuyó para la última evaluación (20-35%). Por su parte, la dosis comercial (1,3 L/Ha) en esta variedad evidenció fitotoxicidad del 40% para la tercera evaluación, esta respuesta disminuyó a un 10% en el último monitoreo, lo que implica una recuperación de las plantas a partir de la desintoxicación. Por ultimo las dosis inferiores a la comercial mostraron valores de fitotoxicidad inferiores al 10%, lo que evidencia similitudes con el tratamiento control.

En la figura 2c observa la fitotoxicidad de los seis tratamientos de la variedad F2020, donde los tratamientos 1.5 la dosis comercial (1,9 L/Ha) y el doble de la dosis (2,6 L/Ha) muestran los mayores porcentajes, con sintomatología asociada a albinismo, marchitamiento y malformación en todo el periodo de evaluación, alcanzando los mayores valores (75-95%) a los (14 dda), con un descenso posterior para el último monitoreo, mostrando 30% de fitotoxicidad para ambos tratamientos (Anexo 6). La dosis comercial mostró un porcentaje de fitotoxicidad durante el periodo experimental muy por debajo de las dosis anteriores con un valor máximo del 20%, presentando descenso en los niveles de fitotoxicidad (10%) en el día (28 dda). Además, los tratamientos correspondientes a dosis inferiores a la comercial mostraron porcentaje fitotóxicos inferiores al 15% durante todo el seguimiento.

Al igual que en las variedades anteriores, F70 evidenció sintomatología asociada a aplicaciones con Clomazone a partir del primer seguimiento (3 dda). Los tratamientos con valores dosis (1.5X y 2X) presentaron respuesta entre 80 a 90% de fitotoxicidad a los (14 dda), con posterior recuperación de las plantas y valores de 40 a 60% para la última evaluación (Anexo 6). Por otra parte, el tratamiento equivalente a la dosis comercial (1,3 L/Ha) mostró los mayores valores para la última evaluación, por encima del tratamiento 1.5X en ese mismo momento. La mitad de la dosis comercial (0,6 L/Ha) presentó resultados por debajo del 25%, y por último el tratamiento 0.25X tuvo un comportamiento similar al testigo mostrando 0% de fitotoxicidad (Figura 2d). En general los síntomas observados durante toda la etapa de experimentación fueron clorosis (albinismo), marchitamiento, malformación que posteriormente se derivado en la muerte de algunas plantas.

### ***Respuesta en el crecimiento de cuatro variedades de arroz por efecto de la aplicación pos-emergente del herbicida Propanil***

El análisis estadístico de peso seco de las cuatro variedades evaluado a los (28 dda) con el herbicida Propanil, mostró diferencias altamente significativas entre Variedades ( $p < 0.001$ ), y diferencias con baja significancia ( $p < 0.5$ ) para la interacción VariedadxDosis (Anexo 1). Con relación a la respuesta de las variedades a la aplicación del herbicida se observó que FEDEARROZ 2020 (F2020) fue la variedad que presentó el menor peso seco y la variedad FEDEARROZ 2000 mostró el mayor peso seco evidenciando las diferencias estadísticas significativas presentes (Figura 3, Anexo 1).

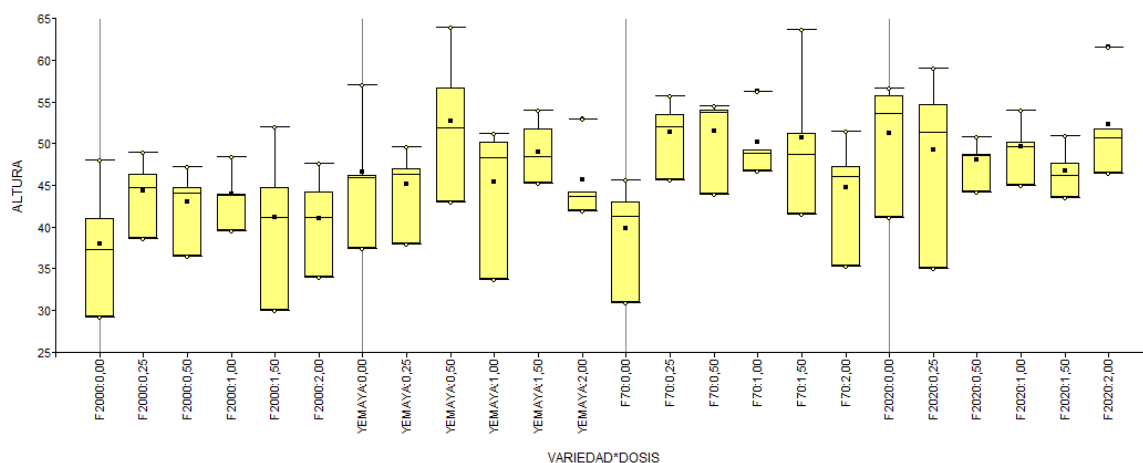


**Figura 3.** Efecto de la aplicación en pos-emergencia del herbicida Propanil sobre el Peso seco de las variedades de arroz FEDEARROZ 2000 (F2000), YEMAYA, FEDEARROZ 70 (F70) y FEDEARROZ 2020 (F2020) a los 28 días después de la aplicación

De acuerdo con la figura 3, podemos observar que en la variedad FEDEARROZ 2000 (F2000), todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar independientemente de la dosis, y los tratamientos con valores más altos de peso seco final fueron las dos dosis más altas (1.5X y el doble de la dosis comercial).

La variedad YEMAYA presentó valores de peso seco similares entre tratamientos, donde el valor más bajo se mostró en el tratamiento correspondiente al doble de la dosis comercial (2X). Caso contrario se evidenció en la variedad FEDEARROZ 70 (F70), la cual acumuló menor peso seco en el tratamiento testigo sin aplicación. Por último, la variedad FEDEARROZ 2020 (F2020) presentó valores similares entre la mayoría de los tratamientos sin diferencias significativas con excepción del tratamiento (0.X) el cual registro un valor de peso bajo (Figura 3, Anexo 1).

La variable altura de planta evaluada a los 28 días después de la aplicación mostró diferencias altamente significativas solo para el factor Variedad (Anexo 2). Se logró evidenciar que las variedades F. YEMAYA, F. 70 y F. 2020 tuvieron un comportamiento similar entre sí, y difieren con la variedad testigo F2000 que presentó valores de altura más bajo en comparación con los presentados por las demás variedades (Figura 4, Anexo 2). Adicionalmente, los valores de altura más bajos se registraron en los tratamientos testigo sin aplicación (0X) de las variedades F2000 y F70, y el valor más alto se reportó en la variedad YEMAYA con el tratamiento correspondiente a la mitad de la dosis comercial (0,5X), datos que no presentaron diferencias significativas (Figura 4, Anexo 2).

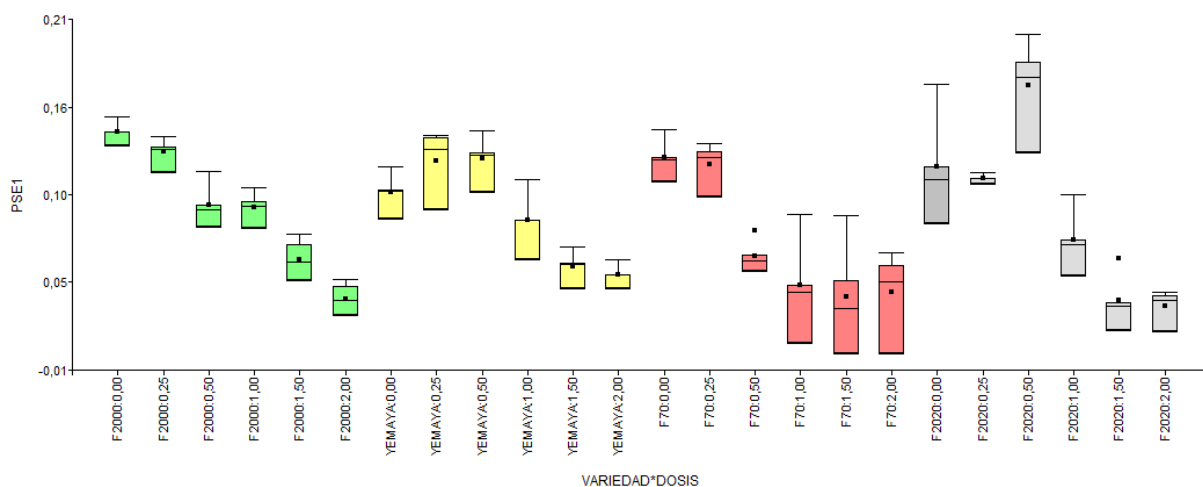


**Figura 4.** Efecto de la aplicación en pos-emergencia del herbicida Propanil sobre altura de planta de las variedades de arroz FEDEARROZ 2000 (F2000), YEMAYA, FEDEARROZ 70 (F70) y FEDEARROZ 2020 (F2020) a los 28 días después de la aplicación

## **Respuesta en el crecimiento de cuatro variedades de arroz por efecto de la aplicación pre-emergente del herbicida Clomazone**

El análisis estadístico de peso seco evaluado a los (28 dda) en las cuatro variedades aplicadas con el herbicida Clomazone, mostró diferencias significativas para Variedad, Dosis e interacción VariedadxDosis (Anexo 3). Con respecto a la respuesta de las variedades a la aplicación del herbicida, F70 presentó el menor peso seco. Con respecto a las dosis, a mayor dosis de aplicación mayor respuesta con respecto a la biomasa de la planta, mostrando menor peso seco, con respuestas similares (sin diferencias estadísticas) para 1,5 y 2 veces la dosis comercial, presentando diferencias con la dosis comercial (1X) (Anexo 3).

En la figura 5, se observa que en la variedad testigo (F2000), hubo una disminución del peso seco con incremento de las dosis del herbicida Clomazone, a mayor dosis menor acumulación de materia seca. Por otra parte, la variedad YEMAYA evidenció que los tratamientos con menores dosis del herbicida (0,25X y 0,5X) tuvieron pesos mayores que el tratamiento control, y a partir de la dosis comercial (1X, 1,5X y 2X) se presentó reducción de biomasa con respecto al tratamiento no tratado. Del mismo modo, la variedad F70 mostró que con la dosis 0,25X se presentó acumulación de materia seca similar al tratamiento control (0X), y a partir de la mitad de la dosis comercial (0.5X) se redujo el peso seco final con incremento de la dosis, sin diferencias significativas entre tratamiento. Por último, en la variedad F2020 se puede observar que sin aplicación del herbicida (0X) y la menor dosis evaluada (0,25X) presentaron peso seco similar; sin embargo, la mitad de la dosis evaluada (0,5X) presentó la mayor acumulación de biomasa con diferencias significativas en la respuesta (Figura 5, Anexo 3).

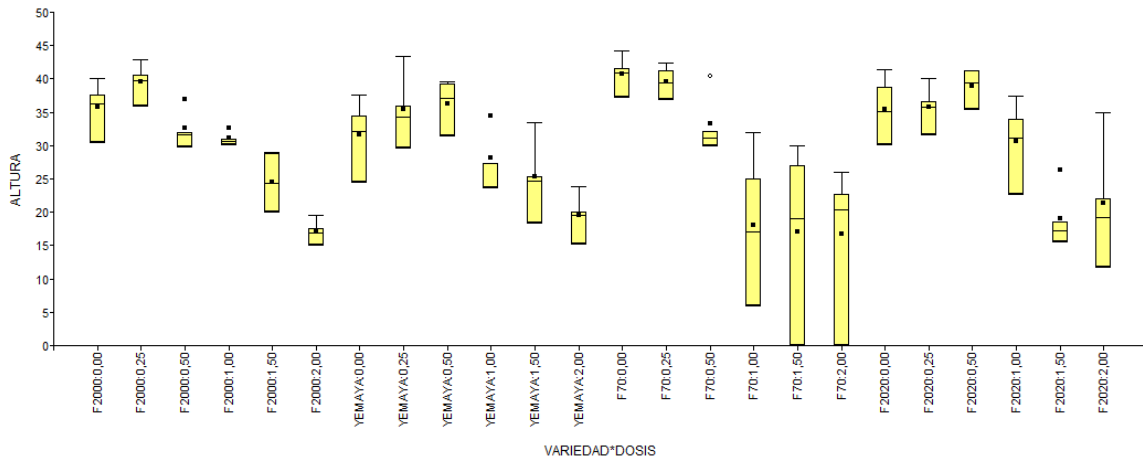


**Figura 5.** Peso seco de cuatro variedades de arroz evaluadas a los 28 días después de aplicación del herbicida Clomazone.

En términos generales al comparar el peso seco final de las cuatro variedades y las seis dosis evaluadas, se puede evidenciar que la variedad FEDEARROZ 2020 al ser tratada con el doble de la dosis del herbicida presentó la mayor afectación en el peso seco (0,03 g/planta). Por el contrario, la variedad FEDEARROZ 2020 a la mitad de la dosis comercial presentó la mayor acumulación de biomasa (0,17 g/planta) (Figura 5, Anexo 3).

El análisis estadístico de la variable altura, evaluado a los (28 dda) en las cuatro variedades aplicadas con el herbicida Clomazone, mostró diferencias significativas para Dosis y la interacción VariedadxDosis (Anexo 4). Al igual que lo mencionado anteriormente para peso seco, a mayor dosis aplicada mayor afectación en la planta, expresado en menor altura, donde se logra evidenciar que la variedad FEDEARROZ 2000 (F2000) con el tratamiento correspondiente a 0,25X presenta mayor crecimiento comparado con la dosis testigo (0X), a partir de este tratamiento se observa que al incrementar la dosis hay una reducción en la altura de las plantas (Figura 6, Anexo 4).

Por otra parte las variedades YEMAYÁ y F2020 presentaron tendencia similar, debido a que en los tratamiento inferiores a la dosis comercial (0,25X y 0,5X) mostraron alturas similares, y a partir de la dosis comercial se evidencia un aumento en la respuesta, reflejado descenso de altura en las plantas a medida que va incrementando la dosis hasta llegar al doble de la dosis comercial (2X). Finalmente en la variedad F70 se logró observar un comportamiento diferente a las dos variedades anteriormente mencionadas, debido a que está mostró una misma altura para los tratamientos testigo (0X) y 0,25X; a partir de la mitad de la dosis disminuye la altura a medida que se incrementa la dosis. Adicionalmente, se observó que está variedad presentó mayor variabilidad en los datos observados en campo (1X, 1,5X y 2X) reflejando mayor afectación, derivandose en la presencia de menor altura en algunas plantas (Figura 6, Anexo 4).



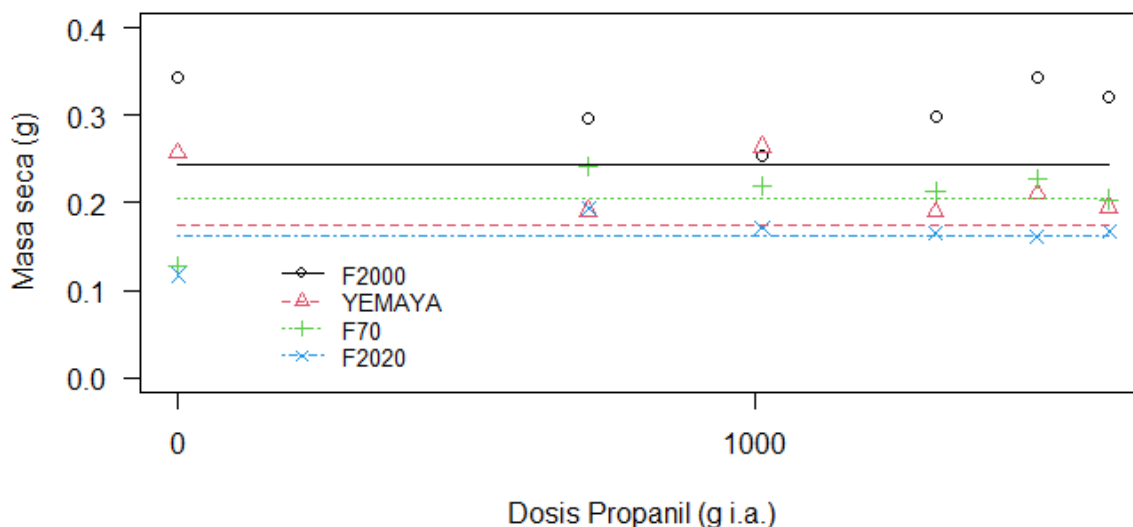
**Figura 6.** Altura de planta de cuatro variedades de arroz evaluadas a los 28 días después de aplicación del herbicida Clomazone

En el análisis general se evidencia que las variedades F70 y F2000 e interacción con dosis más altas (1X,1,5X y 2X ) presentaron mayor afectación por disminución de altura permitiendo evidenciar la mayor susceptibilidad ante la acción del herbicida Clomazone. Las variedades F2020 a 0,5 dosis comercial, F2000 en el tratamiento 0,25X y F70 a la misma dosis y testigo sin aplicación (0X), presentaron los valores de altura más elevados dando a entender que se presentó la menor afectación (Figura 6, Anexo 4).

***Respuesta en la sensibilidad de cuatro variedades de arroz por efecto de la aplicación pos-emergente del herbicida Propanil***

Para evaluar si existe una respuesta diferencial en la sensibilidad de nuevas variedades de arroz con respecto a la variedad testigo (F2000), se realizó un análisis de curvas dosis respuestas, con seis dosis diferentes del herbicida Propanil a las cuatro variedades de arroz.

El análisis para el herbicida Propanil no se ajustó a ningún modelo DRC para la variable peso seco (Anexo 5). Estos resultados demuestran la alta tolerancia de la especie de arroz al herbicida propanil, independientemente de la dosis utilizada (Figura 7).



**Figura 7.** Dosis-respuesta modelada para la reducción de el peso seco de tres variedades nuevas de arroz y variedad testigo (Fedearroz 2000) en respuesta a la aplicación del herbicida Propanil (2064 g i.a ha<sup>-1</sup>) 28 días después de la aplicación.

***Respuesta en la sensibilidad de cuatro variedades de arroz por efecto de la aplicación pre-emergente del herbicida Clomazone***

Para la respuesta diferencial en la sensibilidad de Clomazone, igualmente se realizó un análisis de curvas dosis respuestas. En este análisis se evidenció que se ajusta a un modelo DRC de tres parámetros (ecuación 1) para la variable de materia seca (Anexo 5). Todas las variedades tuvieron un comportamiento similar (Figura 8). La dosis necesaria para disminuir el 50% de esta variable (GR<sub>50</sub>) están alrededor de 877 g ia/ha<sup>-1</sup>, de acuerdo con los parámetros que se muestran en la Tabla 1. El GR<sub>50</sub> para las variedades nuevas varió de 787 a 992 g ia /ha<sup>-1</sup> (Tabla 1).

La tasa de sensibilidad arrojó valores promedios de 1,06 veces de acuerdo con el testigo comercial, indicando la respuesta similar en sensibilidad a la variedad F2000. Sin embargo, se podría afirmar que la variedad F2020 fue la más susceptible y la variedad YEMAYA fue la que presentó menos susceptibilidad. Haciendo un análisis general de los resultados presentados anteriormente, fitotoxicidad, peso seco y altura, se logra evidenciar que las plantas se ven afectadas, pero no se alcanzó la muerte de la planta, lo que significa que la planta logra incurrir en un proceso de recuperación.

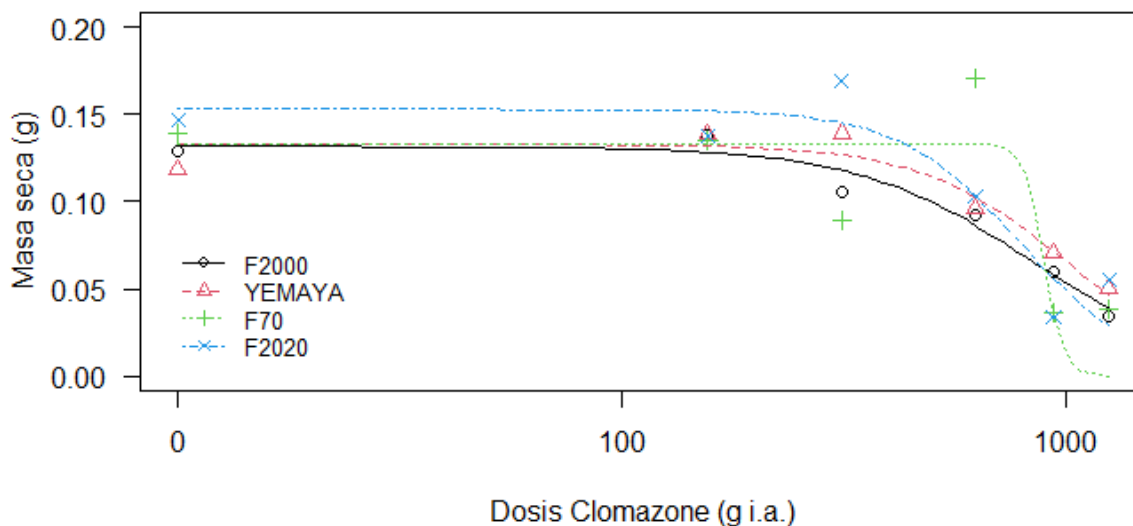
**Tabla 1.** Estimación de parámetros de la curva dosis-respuesta utilizada para calcular la dosis de herbicida requerida para la reducción del peso seco al 50% (GR<sub>50</sub>) a los 28 días después de la aplicación del herbicida Clomazone en tres nuevas variedades de arroz y un cultivar testigo FEDEARROZ 2000.

Variedad	b <sup>1</sup>	d <sup>2</sup>	GR <sub>50</sub> (g ia ha <sup>-1</sup> )	Tasa de sensibilidad <sup>3</sup>
F2000 (testigo)	2,18	0,131	839,41	--
YEMAYA	2,64	0,132	991,7	1,18
F70	19,14	0,133	889,48	1,06
F2020	3,16	0,153	786,98	0,94

<sup>1</sup>Límite superior para todas las plantas.

<sup>2</sup>Pendiente cerca del GR<sub>50</sub>.

<sup>3</sup>Tasa de sensibilidad = variedad nueva / variedad testigo.



**Figura 8.** Dosis-respuesta modelada para la reducción del peso seco de tres variedades nuevas de arroz y variedad testigo (FEDEARROZ 2000) en respuesta a la aplicación de propanil (2064 g ia ha<sup>-1</sup>) 28 días después de la aplicación.



## DISCUSIÓN

Con la finalidad de lograr el aumento de la productividad e inclinarse por reducir la carga ambiental, estrechando el uso de agroquímicos, Fedearroz-Fondo Nacional del Arroz, ha dispuesto para los arroceros colombianos, nuevas variedades de arroz, entre las que se destacan FEDEARROZ 70, FEDEARROZ YEMAYA Y FEDEARROZ 2020, variedades que cuentan con alta diversificación genética con la finalidad de disminuir los riesgos a plagas y patógenos, con excelente rendimiento, alta calidad molinera y de cocción y características propicias para adaptarse a las condiciones ambientales de los últimos tiempos. (Arévalo, 2019).

Sin embargo, cuando se libera una nueva variedad, es de gran importancia entregar información básica sobre sus características y los diferentes aspectos de manejo técnico, donde se incluye información sobre la reacción de estas variedades ante los herbicidas de amplio uso en el cultivo. Para que estas variedades cumplan con los resultados esperados es necesario tener en cuenta algunas recomendaciones, que involucran la ejecución de manera oportuna y adecuada de las prácticas agronómicas perfeccionadas para cada cultivar en particular. (Arévalo, 2019).

Los cultivares tienden a mostrar respuesta diferencial a los ingredientes activos de los herbicidas, las cuales se deben a diferencias fisiológicas y/o anatómicas, mostrándose en éstas como lesiones que pueden o no afectar el crecimiento de la planta e inciertamente el rendimiento. Siendo importante evaluar la respuesta de los nuevos materiales a los herbicidas de mayor uso en el control de las malezas en el cultivo de arroz en Colombia, como son el Propanil y el Clomazone. (Arévalo, 2019).

Es importante considerar que, el herbicida Clomazone es ampliamente utilizado como herramienta útil, para un control óptimo de malezas en el cultivo de arroz, llegando en algunos países a ocupar el primer lugar, como es el caso de Uruguay, en donde ha sido utilizado solo o en mezcla, hasta en un 79 % del área sembrada en arroz, según (Carlomagno, 2013). En este mismo sentido es relevante resaltar la importancia de Clomazone para controlar gramíneas que limitan el cultivo de arroz como lo expresa (Del Barrio y Techera, 2012), el cual anota que controla gramíneas anuales, tales como el complejo del género de *Echinochloa* (*E. crus-galli* (L.) Beauv, *E. colona* (L.), *E. crus-pavonis* (H.B.K.) Schultes, Scop. y *Panicum ditochomiflorum* Michx *Digitaria sanguinalis* (L.). Inclusive este autor afirma que puede contribuir en la detención del crecimiento de algunas gramíneas perennes como *Paspalum distichum* L., *Leersia hexandra* Sw., *Luziola peruviana* Juss. ex J.F. Gmel. y *Cynodon dactylon* (L.) Pers. En la actualidad no se han reportado otros herbicidas comerciales que inhiban la deoxilulosa 5-fosfato sintetasa (DXS) y por ende al tener un modo de acción único, la Clomazone es una excelente opción para el manejo de malezas resistentes a

herbicidas. (Iwakami et al., 2019).

Para el herbicida Clomazone, se observó que tanto la variedad testigo FEDEARROZ 2000 como las nuevas variedades presentaron mayor afectación (fitotoxicidad) a las dosis más altas (912 y 1248 g i.a./ha-1) 14 días después de la aplicación, como se logra observar en las imágenes presentes en el (Anexo 6). Resultados que concuerdan con lo reportado por Esqueda (1999), quien observó un “blanqueamiento” temporal en algunas áreas del follaje de las plantas de arroz luego de quince días después de la aplicación en preemergencia de Clomazone a dosis de 0,72 y 0,96 kg i.a./ha<sup>-1</sup>, sintomatología que ocupaba entre el 11 y el 15% del follaje de las plantas afectadas. Este mismo autor comenta que el blanqueamiento de las plantas evaluadas desapareció entre los 15 y 30 dda.

Después de la aplicación del herbicida Propanil no se observó una afectación significativa (fitotoxicidad) en ninguna de las variedades evaluadas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Esqueda-Esquivel y Tosquy-Valle (2004; 2009), quienes evaluaron propanil y cihalofop-butilo en una nueva variedad de arroz, Milagro Filipino, y no observaron síntomas de toxicidad en las plantas de arroz, con ninguno de los tratamientos evaluados.

En Colombia existen pocos estudios de la sensibilidad de nuevas variedades a los herbicidas. En una reciente investigación realizado por Arévalo (2019) evalúa la respuesta fisiología y morfológica de algunas variedades nuevas de arroz ante la aplicación de herbicidas pos-emergentes como Propanil a dosis de 2.400 y 3.360 g i.a./ha<sup>-1</sup> y bispiribac sodium a 120 g i.a /ha<sup>-1</sup>, buscando generar recomendaciones de manejo sobre este importante aspecto agronómico. La eficiencia del aparato fotosintético evaluada a los 3 días después de la aplicación permitió ver que el testigo sin aplicación presentó el mayor valor de Fv/Fm con 0,77, estadísticamente diferente a los tratamientos con herbicidas, que estuvieron en el intervalo de 0,72 a 0,74, evidenciando la respuesta de las nuevas variedades al estrés dado por la aplicación del propanil; sin embargo, estas dosis no afectaron el peso seco de la parte aérea de las plantas de arroz (Arévalo, 2019). Estos resultados muestran semejanza con el presente trabajo, debido que a los (3 dda), tiempo en que se realizó nuestro primer monitoreo, empezamos a observar una leve afectación (fitotoxicidad) en las plantas que fueron tratadas con Propanil, y después del segundo monitoreo (7dda), se evidencia que las variedades empiezan el proceso de desintoxicación y logran recuperarse, lo que al final soporta que los parámetros peso seco y altura no fueran afectados significativamente.

## CONCLUSIONES

Las nuevas variedades de arroz FEDEARROZ 70 FEDEARROZ YEMAYÁ y FEDEARROZ 2020, mostraron sensibilidad a las aplicaciones del herbicida clomazone, al mostrar síntomas de fitotoxicidad que se reflejaron en mayor medida a partir del séptimo día después de aplicación y hasta los 14 días. Sin embargo, posterior a este tiempo, las plantas logran recuperarse.

La aplicación del Clomazone también redujo, aunque en menor medida, la altura de las plantas y el peso seco en las tres nuevas variedades. Es de resaltar que a medida que se incrementó la dosis del herbicida las afectaciones se incrementaron, principalmente en aquellos tratamientos donde la dosis del herbicida fue igual o superior a la dosis comercial.

Se pudo determinar que la variedad FEDEARROZ F2020 fue la más sensible al herbicida Clomazone, mientras que la variedad FEDEARROZ YEMAYA presentó menor sensibilidad.

En lo concerniente a Propanil, se puede concluir que las tres variedades evaluadas comparadas con el tratamiento FEDEARROZ 2000 no fueron sensibles a la aplicación del herbicida, es decir, no se presentaron sintomatología por toxicidad, reducción en la altura de planta ni disminución del peso seco.

El análisis de curvas dosis respuesta para estimar la sensibilidad de las nuevas variedades a Propanil no se ajustó a ningún modelo evaluado, evidenciando la alta tolerancia del arroz a este herbicida.

## BIBLIOGRAFÍA

ANAR, 2010. Asociación Nicaragüense de arroceros. Charla técnica de cultivo de arroz. Boletín Informativo. Nicaragua. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5804/1/AGN-2016-T029.pdf>(consultado el 24 febrero del 2019).

Akbar, M & Javaid, A., Javaid, A. (2011). HERBICIDAL POTENTIAL OF Drechslera SPP. CULTURE FILTRATES AGAINST Parthenium hysterophorus L. Chilean Journal of Agricultural Research, 71(4), 634.

Arévalo. E. 2019. Efectos de herbicidas sobre la actividad fisiológica y morfológica en variedades de arroz. Revista Arroz, 67 (540): 6-13

Anzalone, A. 2007. Herbicidas. Modos y mecanismos de acción en plantas. Decanato de Agronomía, Departamento de Fitotecnia, Universidad Centro occidental “Lisando Alvarado”. Venezuela. 72 p.

Barrio Bachino, P. J. D., & Techera Méndez, L. C. (2012). Efecto del manejo del baño y la aplicación de clomazone en preemergencia en el control del capin.

Bond, J. A. and Walker, T. W. 2011. Differential tolerance of Clearfield cultivars to imazamox. Weed Technol. 25:192–197.CrossRefGoogle Scholar.

Carlomagno, M. (2013). DESARROLLO DE INMUNOENSAYOS PARA EL MONITOREO DE CLOMAZONE Y QUINCLORAC EN EL CULTIVO DE ARROZ (Doctoral dissertation, Tesis Doctorado. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Química).

Cobb, A. H., y Reade, J. P. H. 2010. Herbicides and Plant Physiology. Oxford, UK: Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444327793>.

Chica, J., Tirado, Y. C., & Barreto, J. M. (2016). Indicadores de competitividad del cultivo del arroz en Colombia y Estados Unidos. Revista de Ciencias Agrícolas, 33(2), 16-31.

DANE y Fedearroz. 2017. 4° Censo Nacional Arroceros Año 2016. Boletín técnico. Bogotá, Colombia.

Esqueda-Esquivel, V. A., & Tosquy-Valle, O. H. (2009). Alternativas al propanil para

controlar *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de temporal. *agronomía mesoamericana*, 20(1), 111-119.

Esqueda-Esquivel, V. A., & Tosquy-Valle, O. H. (2004). Efecto de cihalofop-butilo para el control de malezas gramíneas anuales en arroz de temporal. *Agronomía Mesoamericana*, 173-1178.

Esqueda, V. A. (1999). Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, propanil y 2, 4-D. *Agronomía mesoamericana*, 43-49

Frear, D. S., & Still, G. G. (1968). The metabolism of 3, 4-dichloropropionanilide in plants. Partial purification and properties of an aryl acylamidase from rice. *Phytochemistry*, 7(6), 913-920.

FEDEARROZ. FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS. 2016. IV Censo Nacional Arrocero. Bogotá, Colombia. 196 pp. [https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Libro\\_Censo\\_General.pdf](https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Libro_Censo_General.pdf). (Consultado el 12 de marzo de 2022).

FEDEARROZ. 2021. características y ventajas de la variedad Fedearroz 2020

FEDEARROZ. 2017. Informe de Gestión Fondo Nacional del Arroz. Vigencia 2017. Disponible en: [http://www.fedearroz.com.co/fna/documentos/INFORME\\_GESTION\\_2017.pdf](http://www.fedearroz.com.co/fna/documentos/INFORME_GESTION_2017.pdf). (Consultado el 26 de febrero de 2019).

Fuentes, C. L. (2010). Manejo de las malezas del arroz en América Latina: Problemas y soluciones. *Producción ecoeficiente del arroz en América Latina*.

Guo, F., Iwakami, S., Yamaguchi, T., Uchino, A., Sunohara, Y. y Matsumoto, H. (2019). Papel del citocromo P450 CYP81A en el metabolismo de la clomazone en *Echinochloa phyllopogon*. *Ciencia vegetal*, 283, 321-328.

IDEAM, 2010. CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES PRINCIPALES Y MUNICIPIOS TURÍSTICOS. disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

INIAP, 2007. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias. Estación Experimental Boliche. Manual del cultivo de arroz, Manejo integrado de malezas en

el cultivo de arroz. No. 66. 123, 135p.

R Core Team. 2019. A Language and Environment for Statistical Computing.

Ramírez, J. y G. Plaza. 2014. Dinámica poblacional de malezas del cultivo de arroz en las zonas Centro, Meseta y Norte del departamento del Tolima. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Tesis de maestría. 126 p. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/44425/1/07790848.2014.pdf.pdf>. (Consultado el 26 febrero 2019).

Ramírez, J.M., D. Gómez y A. Becerra. 2011. “Política Comercial para el Arroz”. Reporte Final. FEDESARROLLO Centro de Investigación Económica y Rural.

Roberts T., Hutson D.H., Lee D.H., Nicholls P.H. and Plimmer J.R., eds. 1998. Metabolic pathways of Agrochemicals. Part 1: Herbicides and Plant Growth Regulators. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1–849.

Usui, K. (2001). Metabolism and selectivity of rice herbicides in plants. *Weed biology and management*, 1(3), 137-146.

Wright, H. E., Norsworthy, J. K., Roberts, T. L., Scott, R., Hardke, J., & Gbur, E. E. (2021). Characterization of rice cultivar response to floryprauxifen-benzyl. *Weed Technology*, 35(1), 82-92.

Zimdahl, R. 2018. *Fundamentals of Weed Science*. Third edition. Academic Press. U.S.A. 556 pp.

## Anexo 1. Análisis estadístico de la variable peso seco en respuesta a la aplicación del herbicida Propanil

PSE1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PSE1	96	0,48	0,31	30,46

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,29	23	0,01	2,84	0,0004
VARIEDAD	0,21	3	0,07	15,81	<0,0001
DOSIS	0,01	5	2,2E-03	0,49	0,7820
VARIEDAD*DOSIS	0,07	15	4,6E-03	1,02	0,4410
Error	0,32	72	4,5E-03		
Total	0,61	95			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05081

Error: 0,0045 gl: 72

VARIEDAD	Medias	n	E.E.	
F2020	0,16	24	0,01	A
F70	0,21	24	0,01	A B
YEMAYA	0,22	24	0,01	B
F2000	0,29	24	0,01	C

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06927

Error: 0,0045 gl: 72

DOSIS	Medias	n	E.E.	
0,00	0,20	16	0,02	A
1,00	0,21	16	0,02	A
2,00	0,22	16	0,02	A
0,50	0,23	16	0,02	A
1,50	0,23	16	0,02	A
0,25	0,23	16	0,02	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17894

Error: 0,0045 gl: 72

VARIEDAD	DOSIS	Medias	n	E.E.			
F2020	0,00	0,12	4	0,03	A		
F70	0,00	0,13	4	0,03	A	B	
F2020	1,50	0,16	4	0,03	A	B	C
F2020	1,00	0,17	4	0,03	A	B	C
F2020	2,00	0,17	4	0,03	A	B	C
F2020	0,50	0,17	4	0,03	A	B	C
YEMAYA	1,00	0,19	4	0,03	A	B	C
YEMAYA	0,25	0,19	4	0,03	A	B	C
F2020	0,25	0,19	4	0,03	A	B	C
YEMAYA	2,00	0,20	4	0,03	A	B	C
F70	2,00	0,20	4	0,03	A	B	C
YEMAYA	1,50	0,21	4	0,03	A	B	C
F70	1,00	0,21	4	0,03	A	B	C
F70	0,50	0,22	4	0,03	A	B	C
F70	1,50	0,23	4	0,03	A	B	C
F70	0,25	0,24	4	0,03	A	B	C
F2000	0,50	0,25	4	0,03	A	B	C
YEMAYA	0,00	0,26	4	0,03	A	B	C
YEMAYA	0,50	0,26	4	0,03	A	B	C
F2000	1,00	0,28	4	0,03	A	B	C
F2000	0,25	0,30	4	0,03	A	B	C
F2000	0,00	0,30	4	0,03		B	C
F2000	1,50	0,31	4	0,03			C
F2000	2,00	0,32	4	0,03			C

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



## Anexo 2. Análisis estadístico de la variable altura en respuesta a la aplicación del herbicida Propanil

### ALTURA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA	96	0,35	0,14	13,91

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1620,82	23	70,47	1,67	0,0520
VARIEDAD	799,60	3	266,53	6,32	0,0007
DOSIS	219,64	5	43,93	1,04	0,4003
VARIEDAD*DOSIS	601,57	15	40,10	0,95	0,5147
Error	3038,03	72	42,19		
Total	4658,85	95			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,93180

Error: 42,1949 gl: 72

VARIEDAD	Medias	n	E.E.	
F2000	41,90	24	1,33	A
YEMAYA	47,40	24	1,33	B
F70	48,03	24	1,33	B
F2020	49,53	24	1,33	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,72412

Error: 42,1949 gl: 72

DOSIS	Medias	n	E.E.	
0,00	43,93	16	1,62	A
2,00	45,91	16	1,62	A
1,50	46,88	16	1,62	A
1,00	47,28	16	1,62	A
0,25	47,48	16	1,62	A
0,50	48,81	16	1,62	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=17,36987

Error: 42,1949 gl: 72

VARIEDAD	DOSIS	Medias	n	E.E.
F2000	0,00	38,00	4	3,25 A
F70	0,00	39,83	4	3,25 A
F2000	2,00	41,03	4	3,25 A
F2000	1,50	41,10	4	3,25 A
F2000	0,50	43,00	4	3,25 A
F2000	1,00	43,95	4	3,25 A
F2000	0,25	44,30	4	3,25 A
F70	2,00	44,70	4	3,25 A
YEMAYA	0,25	45,10	4	3,25 A
YEMAYA	1,00	45,40	4	3,25 A
YEMAYA	2,00	45,60	4	3,25 A
YEMAYA	0,00	46,60	4	3,25 A
F2020	1,50	46,73	4	3,25 A
F2020	0,50	48,05	4	3,25 A
YEMAYA	1,50	49,03	4	3,25 A
F2020	0,25	49,18	4	3,25 A
F2020	1,00	49,60	4	3,25 A
F70	1,00	50,15	4	3,25 A
F70	1,50	50,65	4	3,25 A
F2020	0,00	51,28	4	3,25 A
F70	0,25	51,35	4	3,25 A
F70	0,50	51,50	4	3,25 A
F2020	2,00	52,33	4	3,25 A
YEMAYA	0,50	52,68	4	3,25 A

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

### Anexo 3. Análisis estadístico de la variable peso seco en respuesta a la aplicación del herbicida Clomazone

PSE1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PSE1	96	0,84	0,78	23,67

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	23	0,01	16,08	<0,0001
VARIEDAD	0,01	3	2,3E-03	5,61	0,0016
DOSIS	0,11	5	0,02	55,78	<0,0001
VARIEDAD*DOSIS	0,03	15	2,0E-03	4,94	<0,0001
Error	0,03	72	4,1E-04		
Total	0,18	95			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01531

Error: 0,0004 gl: 72

VARIEDAD	Medias	n	E.E.	
F70	0,07	24	4,1E-03	A
F2020	0,09	24	4,1E-03	B
YEMAYA	0,09	24	4,1E-03	B
F2000	0,09	24	4,1E-03	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02087

Error: 0,0004 gl: 72

DOSIS	Medias	n	E.E.	
2,00	0,04	16	0,01	A
1,50	0,05	16	0,01	A
1,00	0,07	16	0,01	B
0,50	0,11	16	0,01	C
0,25	0,12	16	0,01	C
0,00	0,12	16	0,01	C

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05391

Error: 0,0004 gl: 72

VARIEDAD	DOSIS	Medias	n	E.E.																	
F2020	2,00	0,03	4	0,01	A																
F2020	1,50	0,03	4	0,01	A	B															
F2000	2,00	0,03	4	0,01	A	B															
F70	1,50	0,04	4	0,01	A	B															
F70	2,00	0,04	4	0,01	A	B	C														
F70	1,00	0,04	4	0,01	A	B	C	D													
YEMAYA	2,00	0,05	4	0,01	A	B	C	D	E												
YEMAYA	1,50	0,06	4	0,01	A	B	C	D	E												
F2000	1,50	0,06	4	0,01	A	B	C	D	E	F											
F70	0,50	0,06	4	0,01	A	B	C	D	E	F											
F2020	1,00	0,07	4	0,01	A	B	C	D	E	F	G										
YEMAYA	1,00	0,08	4	0,01		B	C	D	E	F	G	H									
F2000	1,00	0,09	4	0,01			C	D	E	F	G	H	I								
F2000	0,50	0,09	4	0,01				D	E	F	G	H	I								
YEMAYA	0,00	0,10	4	0,01					E	F	G	H	I								
F2020	0,25	0,11	4	0,01						F	G	H	I								
F2020	0,00	0,12	4	0,01							G	H	I	J							
F70	0,25	0,12	4	0,01							G	H	I	J							
YEMAYA	0,25	0,12	4	0,01							G	H	I	J							
YEMAYA	0,50	0,12	4	0,01							G	H	I	J							
F70	0,00	0,12	4	0,01							G	H	I	J							
F2000	0,25	0,13	4	0,01								H	I	J							
F2000	0,00	0,14	4	0,01									I	J							
F2020	0,50	0,17	4	0,01										J							

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

## Anexo 4. Análisis estadístico de la variable altura en respuesta a la aplicación del herbicida Clomazone

### ALTURA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA	96	0,68	0,58	21,67

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6274,09	23	272,79	6,77	<0,0001
VARIEDAD	107,82	3	35,94	0,89	0,4495
DOSIS	5237,85	5	1047,57	26,00	<0,0001
VARIEDAD*DOSIS	928,43	15	61,90	1,54	0,1152
Error	2900,46	72	40,28		
Total	9174,55	95			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,57011

Error: 40,2841 gl: 72

DOSIS	Medias	n	E.E.	
2,00	18,65	16	1,59	A
1,50	21,45	16	1,59	A B
1,00	26,94	16	1,59	B
0,50	35,23	16	1,59	C
0,00	35,89	16	1,59	C
0,25	37,56	16	1,59	C

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,97203

Error: 40,2841 gl: 72

VARIEDAD	DOSIS	Medias	n	E.E.				
F70	2,00	16,65	4	3,17	A			
F70	1,50	17,00	4	3,17	A			
F2000	2,00	17,10	4	3,17	A			
F70	1,00	18,00	4	3,17	A			
F2020	1,50	19,08	4	3,17	A	B		
YEMAYA	2,00	19,53	4	3,17	A	B	C	
F2020	2,00	21,33	4	3,17	A	B	C	
F2000	1,50	24,45	4	3,17	A	B	C	D
YEMAYA	1,50	25,28	4	3,17	A	B	C	D
YEMAYA	1,00	28,15	4	3,17	A	B	C	D
F2020	1,00	30,58	4	3,17	A	B	C	D
F2000	1,00	31,05	4	3,17	A	B	C	D
YEMAYA	0,00	31,58	4	3,17	A	B	C	D
F2000	0,50	32,55	4	3,17	A	B	C	D
F70	0,50	33,20	4	3,17	A	B	C	D
YEMAYA	0,25	35,43	4	3,17		B	C	D
F2020	0,00	35,43	4	3,17		B	C	D
F2020	0,25	35,75	4	3,17		B	C	D
F2000	0,00	35,75	4	3,17		B	C	D
YEMAYA	0,50	36,30	4	3,17			C	D
F2020	0,50	38,85	4	3,17				D
F70	0,25	39,53	4	3,17				D
F2000	0,25	39,55	4	3,17				D
F70	0,00	40,80	4	3,17				D

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

## Anexo 5. Análisis log-logistic para peso seco relativo en respuesta a la aplicación del herbicida Propanil.

MODEL FITTED: LOG-LOGISTIC (ED50 AS PARAMETER) WITH LOWER LIMIT AT 0 (3 PARMS)

Parameter estimates:

	Estimate	Std. Error	t-value	p-value
b:F2000	7.3837e-04	NA	NA	NA
b:YEMAYA	6.6158e-04	NA	NA	NA
b:F70	4.1064e+00	NA	NA	NA
b:F2020	2.4202e+00	NA	NA	NA
d:F2000	4.8793e-01	NA	NA	NA
d:YEMAYA	3.4738e-01	NA	NA	NA
d:F70	2.0545e-01	NA	NA	NA
d:F2020	1.6259e-01	NA	NA	NA
e:F2000	6.5997e+02	NA	NA	NA
e:YEMAYA	2.9998e+02	NA	NA	NA
e:F70	1.9943e+04	NA	NA	NA
e:F2020	3.5191e+04	NA	NA	NA

Residual standard error:

0.08787736 (84 degrees of freedom)

### LACK-OF-FIT TEST

	ModelDf	RSS	Df	F value	p value
ANOVA	72	0.35832			
DRC model	84	0.64868	12	4.8622	0.0000

### ESTIMATED EFFECTIVE DOSES

	Estimate	Std. Error
e:F2000:50	659.97	NA
e:F2000:90	Inf	NA
e:F2020:50	35190.82	NA
e:F2020:90	87238.25	NA
e:F70:50	19942.82	NA
e:F70:90	34053.66	NA
e:YEMAYA:50	299.98	NA
e:YEMAYA:90	Inf	NA

### COMPARATIVE OF MODEL

	logLik	IC	Lack of fit	Res var
W2.4	126.47443	-218.9489	3.562232e-01	0.005039545
LL.4	125.21003	-216.4201	2.126911e-01	0.005174059
Lin	98.55015	-191.1003	NA	0.007673736
Quad	98.61287	-189.2257	NA	0.007746120
Cubic	98.61788	-187.2358	NA	0.007829500
LL.3	103.64546	-181.2909	8.422628e-06	0.007722430
LL.3	103.64546	-181.2909	8.422628e-06	0.007722430
LL.5	NA	NA	NA	NA
W1.4	NA	NA	NA	NA
baro5	NA	NA	NA	NA



## Anexo 5. Análisis log-logistic para peso seco relativo en respuesta a la aplicación del herbicida Clomazone

MODEL FITTED: LOG-LOGISTIC (ED50 AS PARAMETER) WITH LOWER LIMIT AT 0 (3 PARMS)

Parameter estimates:

	Estimate	Std. Error	t-value	p-value	
b:F2000	2.184986	2.071173	1.0550	0.2944726	
b:YEMAYA	2.645579	1.975466	1.3392	0.1841124	
b:F70	19.148016	62.849738	0.3047	0.7613761	
b:F2020	3.165291	1.882356	1.6816	0.0963690	
d:F2000	0.131497	0.025584	5.1399	1.763e-06	***
d:YEMAYA	0.132701	0.020030	6.6250	3.119e-09	***
d:F70	0.133395	0.015523	8.5935	3.904e-13	***
d:F2020	0.152823	0.019369	7.8901	1.006e-11	***
e:F2000	839.417786	301.540034	2.7838	0.0066365	**
e:YEMAYA	991.700852	272.291196	3.6421	0.0004668	***
e:F70	889.488771	141.364969	6.2921	1.355e-08	***
e:F2020	786.984671	160.644644	4.8989	4.623e-06	***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error:

0.06204643 (84 degrees of freedom)

### LACK-OF-FIT TEST

	ModelDf	RSS	Df	F value	p value
ANOVA	72	0.29312			
DRC model	84	0.32338	12	0.6193	0.8191

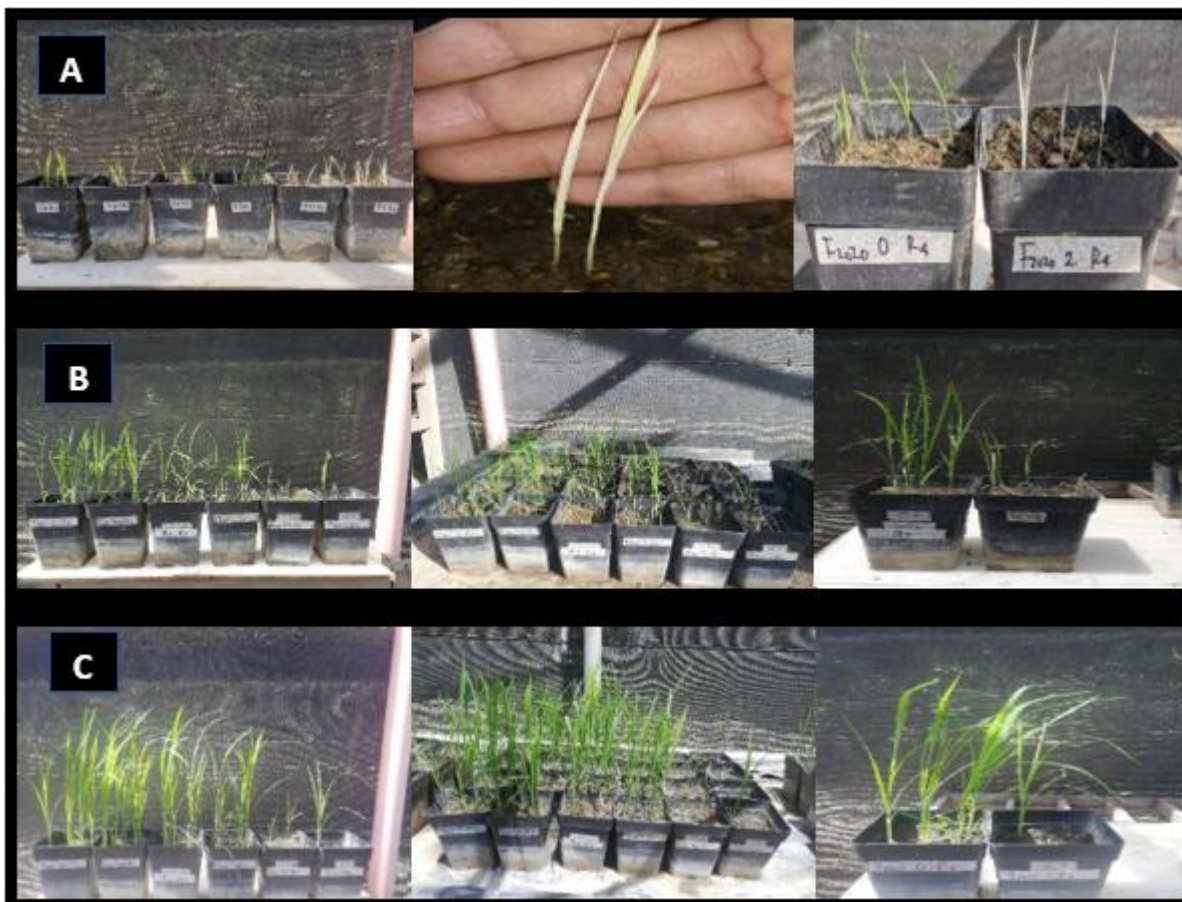
### ESTIMATED EFFECTIVE DOSES

	Estimate	Std. Error
e:F2000:50	1.34522	0.48324
e:F2000:90	3.67723	3.14764
e:F2020:50	1.26119	0.25744
e:F2020:90	2.52495	1.15589
e:F70:50	1.42546	0.22654
e:F70:90	1.59879	0.38081
e:YEMAYA:50	1.58926	0.43636
e:YEMAYA:90	3.64661	2.46506

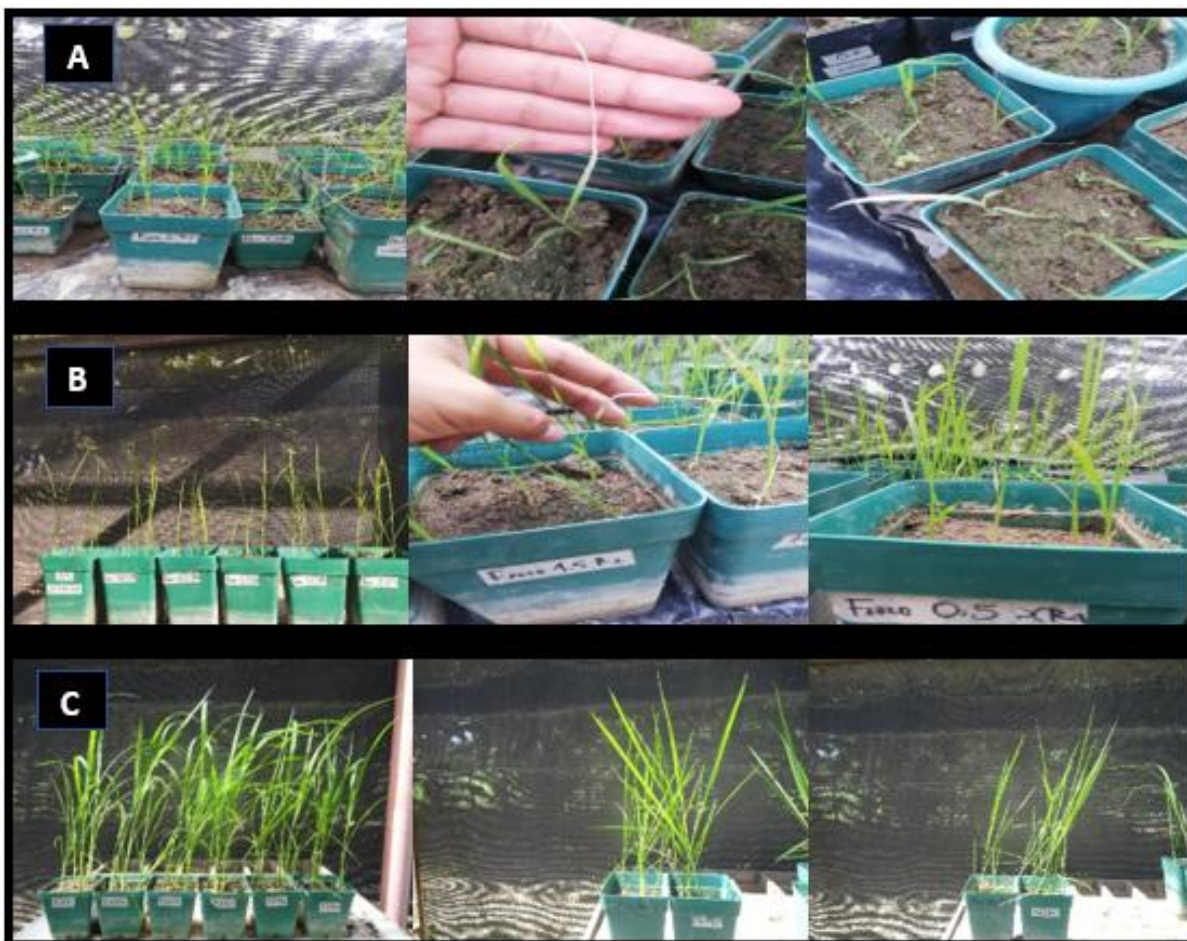
**COMPARATIVE OF MODEL**

	logLik	IC	Lack of fit	Res	var
Lin	133.6198	-261.2396		NA	0.003695760
Quad	134.0225	-260.0450		NA	0.003704289
Cubic	134.9747	-259.9495		NA	0.003671000
<b>LL.3</b>	<b>137.0592</b>	<b>-248.1183</b>	<b>0.81907789</b>	<b>0.003849759</b>	
W2.4	138.1712	-242.3424	0.68907982	0.003949675	
LL.5	138.3172	-234.6343	0.26197402	0.004144928	
baro5	138.1262	-234.2524	0.23563704	0.004161452	
W1.4	129.0801	-224.1603	0.01108715	0.004773263	
LL.4	NA	NA	NA	NA	NA

**Anexo 6. Imágenes de respuesta de las variedades de arroz tratadas a la aplicación del herbicida Clomazone; (A) Evaluación a los 7 (dda), (B) Evaluación a los 14 (dda) y (C) Evaluación a los 28 (dda).**



Anexo 7. Imágenes de respuesta de las variedades de arroz tratadas a la aplicación del herbicida Propanil; (A) Evaluación a los 3 (dda), (B) Evaluación a los 7 (dda) y (C) Evaluación a los 28 (dda).





**Anexo 8. Imágenes del desarrollo del proyecto; (A) Germinación, preparación y siembra de semillas, (B) Adecuación, aplicación de herbicidas y tomas de datos, (C) Evaluación a los 28 (dda), recolección de material vegetal y posterior secado y pesado.**

