



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y CARACTERIZACIÓN  
METABÓLICA DE POBLACIONES *Leptochloa uninervis*,  
*Echinochloa colona* CON TRES HERBICIDAS EN EL CULTIVO  
DE ARROZ**

**AUTOR**

**BRIONES RODRÍGUEZ JAVIER EDUARDO**

**TUTOR**

**MENDOZA THOMPSON JAVIER ULISES, MSc.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2026**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

YO, ING. MENDOZA THOMPSON JAVIER, MSc., docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y CARACTERIZACIÓN METABÓLICA DE PDBLACIONES: *Leptochloa juncea*, *Echinochloa colona* CON TRES HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE ARROZ.**, realizado por el estudiante N° 0920340550 de la carrera AGRONOMÍA, Unidad Académica Cuenca, ha sido sometido a evaluación durante su ejecución y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador, por lo tanto se aprueba la **DEFENSA DEL TÍTULO**.

Aprobado en:

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Mendoza Thompson Javier, MSc.  
Firma del Tutor

Cuenca, 20 de mayo del 2020.



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**APROBACION DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACION**

Los abajo firmados decimos de agrado por el Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación aprobados en la defensa del trabajo de titulación: **"ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y CARACTERIZACIÓN METABÓLICA DE POBLACIONES *Leptochloa unicolor*, *Echinochloa colona* CON TRES HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE ARROZ"** Realizado por el estudiante **BRIONES RODRIGUEZ JAVIER EDUARDO** el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

*Atentamente,*

  
Ing. Víctor Iván Zamora, MSc.  
PRESIDENTE

  
Ing. Winaray Escamaza Moran, MSc.  
EXAMINADOR PRINCIPAL

  
Ing. Daniel Amparo Marín, MSc.  
EXAMINADOR PRINCIPAL

  
Ing. Javier Edición Thompson, MSc.  
EXAMINADOR SUPLENTE

Quayshil, 03 de Julio del 2017

## DEDICATORIA

Este trabajo de tesis lo dedico a Dios, por concederme la fortaleza, sabiduría, y perseverancia necesarias para superar cada etapa y alcanzar esta anhelada meta en mi vida.

A mis padres, por su apoyo incondicional, su amor constante y la confianza depositada en mí desde el inicio de mi carrera profesional, siendo un pilar fundamental en mi formación.

A mi novia, por su compañía constante a lo largo de estas etapas de formación académica, en los que, también, le oportuno de compartir la misma carrera. Expreso mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional, su comprensión y su serenidad en los momentos de dificultad, así como por la confianza inquebrantable que siempre ha depositado en mí, la cual ha sido un impulso significativo en la culminación de esta meta.

A mi tía, quien ha estado presente en los momentos más difíciles, brindándome su apoyo, su guía. Gracias a su ayuda he podido continuar con esta carrera y superar las exigencias académicas establecidas por la universidad, siendo un pilar importante en este camino.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Agraria del Ecuador, por la formación académica de calidad y los conocimientos brindados a lo largo de mi carrera profesional.

De manera especial, agradezco al Ing. Javier Ulises Mendoza Thompson, MSc., tutor de esta investigación; por su valiosa orientación, apoyo constante y acertada guía en el desarrollo del presente trabajo, lo cual fue fundamental para su culminación.

A mis padres, por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera; A mi padre, por su incansable esfuerzo y constancia, que me permitieron mantenerme firme en este camino; y a mi madre, por su amor, apoyo constante y palabras de aliento durante todo el proceso de formación académica.

A mi tía, Cecilia Rodríguez, por su valiosa ayuda y respaldo, los cuales contribuyeron de manera significativa a la culminación de esta etapa profesional.

A mi prima, Gabriela Lucero, por ser un ejemplo de perseverancia y motivación, que me impulsó a no rendirme y a continuar con determinación hasta alcanzar este logro.

Al Ing. Danyel Araya, por su amabilidad, paciencia y consejos, que me permitieron seguir adelante y mantener una actitud positiva durante todo el proceso académico. Al Ing. Roberto Lucas, por sus conocimientos, orientación y apoyo, los cuales fueron de gran ayuda para superar momentos difíciles a lo largo de mi formación académica, brindándome motivación para continuar con determinación.

### Autorización de Autoría Intelectual

Yo Briones Rodríguez Javier Eduardo en calidad de autor del proyecto realizado sobre "ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y CARACTERIZACIÓN METABÓLICA DE POBLACIONES *Leptochloa utinervia*, *Echinochloa colona* CON TRES HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE ARROZ" para optar el título de INGENIERO AGRÓNOMO, por la presente autoriza a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL Ecuador, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que conforman esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 08 de julio del 2018



BRIONES RODRIGUEZ JAVIER EDUARDO  
C.I. 0556348890

## RESUMEN

En el cultivo de arroz constituye una de las actividades agrícolas del Ecuador, especialmente en la región Costa, donde las malezas representan una de las mayores limitantes para la producción. Entre las especies más problemáticas destacan *Echinochloa colona* y *Leprotchloa imberbis*, las cuales pueden reducir de manera significativa el rendimiento del cultivo debido a su alta capacidad competitiva y posible resistencia a herbicidas. El objetivo general de esta investigación fue evaluar el comportamiento de poblaciones de ambas malezas frente a la aplicación de tres herbicidas utilizados en arroz, mediante pruebas morfológicas, fitotóxicas y de supervivencia para determinar su nivel de resistencia. La investigación se desarrolló en el Centro Experimental "El Misionero" de la Universidad Agraria del Ecuador, bajo un enfoque cuantitativo y experimental. Se recolectaron seis poblaciones de malezas en la provincia del Guayas y se realizaron tres bioensayos con aplicaciones de propanil (PROP), peroxsulam (PEN) y piribenzoxim (PYR). Se evaluaron variables como fitotoxicidad, sobrevivencia, altura de planta y biomasa fresca, empleando un diseño completamente al azar y modelos log-logísticos para estimar dosis letales a índices de resistencia. Los resultados del objetivo primar permitieron identificar que todas las poblaciones de *Leprotchloa imberbis* fueron susceptibles a los herbicidas evaluados, en contraste, la población PE2 de *Echinochloa colona*, procedente de Chande, presentó la mayor sobrevivencia y menor fitotoxicidad frente al Propanil, mientras que la población PE8 (Durdán) fue clasificada como susceptible. En el objetivo 2, el análisis dosis-respuesta confirmó una reducción en la sensibilidad de la población PE2, la cual requirió entre cuatro y ocho veces la dosis comercial de Propanil para alcanzar niveles de control similares a los observados en la población susceptible. Finalmente, el objetivo 3 evidenció que la resistencia detectada en la población PE2 estuvo asociada a un mecanismo de detoxificación mediado por el citocromo P450 monooxigenasa, confirmando un mecanismo de resistencia metabólica.

**Palabra clave:** *Echinochloa colona*, Ecuador, *Leprotchloa imberbis*, Propanil, Resistencia a herbicidas.

## ABSTRACT

Rice cultivation constitutes one of the main agricultural activities in Ecuador, especially in the Coastal region, where weeds represent one of the greatest constraints on production. Among the most problematic species are *Echinochloa colona* and *Lepidochloa wireriya*, which can significantly reduce crop yield due to their high competitive capacity and possible herbicide resistance. The general objective of this research was to evaluate the behavior of populations of both weed species in response to the application of three herbicides commonly used in rice cultivation, through morphological, phytotoxic and survival tests to determine their level of resistance. The research was conducted at the 'Ej Marmara' Experimental Center of the Universidad Agraria del Ecuador, under a quantitative and experimental approach. Six weed populations were collected in the province of Guayas, and three bioassays were carried out using applications of atrazine (ATZ), penoxsulam (PEN), and pirbenzoxim (PYR). Variables such as phytotoxicity, survival, plant height, and fresh biomass were evaluated using a completely randomized design and log-logistic models to estimate lethal doses and resistance indices. The results for objective 1 revealed that all *Lepidochloa wireriya* populations were susceptible to the herbicides evaluated, in contrast, the *Echinochloa colona* population PE2 (from Churipe) exhibited the highest survival and lowest phytotoxicity in response to propanil, whereas population PE8 (from Duran) was classified as susceptible. Regarding objective 2, dose-response analysis confirmed reduced sensitivity in population PE2, which required four to eight times the commercial propanil rate to achieve control levels similar to those observed in the susceptible population. Finally, objective 3 demonstrated that the resistance detected in population PE2 was associated with a cytochrome P450 monooxygenase-mediated detoxification mechanism, confirming a metabolic resistance mechanism.

**Keywords:** *Echinochloa colona*, Ecuador, *Lepidochloa wireriya*, Propanil, Herbicide resistance.

## INDICE GENERAL

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Antecedentes del problema	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema	16
1.3 Justificación de la investigación	17
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos	18
1.7 Hipótesis	18
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1 Estado del arte	19
2.2 Bases teóricas	20
2.2.1 Generalidades del cultivo de arroz	20
2.2.2 Control de malezas	22
2.2.3 Clasificación de los herbicidas	23
2.2.4 Propanil	24
2.2.5 Propaflil	25
2.2.6 Pixibenzoxim (Pyanchor)	25
2.2.7 Echinochloa orlana	25
2.2.8 Leptochloa unitermia	28

2.3 Marco legal.....	29
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).....	29
2.3.2 Código Orgánico del Ambiente.....	31
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1 Enfoque de la investigación.....	33
3.1.1 Tipo y alcance de la investigación.....	33
3.1.3 Diseño de investigación.....	33
3.2 Metodología.....	34
3.2.1 Variables.....	34
3.2.2 Tratamientos.....	35
3.2.3 Diseño experimental.....	36
3.2.4 Recolección de datos.....	39
3.2.5 Análisis estadístico.....	46
4. RESULTADOS.....	48
4.1 Identificación mediante un screening las poblaciones de <i>Leptochloa uninervis</i> y <i>Echinochloa colona</i> con mayor tasa de sobrevivencia a tres herbicidas empleados en el cultivo de arroz aplicados a dosis de etiqueta.....	48
4.1.1 Efectos de herbicidas en la fitotoxicidad de poblaciones de <i>Echinochloa colona</i> .....	49
4.1.2 Efectos de herbicidas en la sobrevivencia de poblaciones de <i>Echinochloa colona</i> .....	49
4.1.3 Efectos de herbicidas en la fitotoxicidad de poblaciones de <i>Leptochloa uninervis</i> .....	50
4.1.4 Efectos de herbicidas en la sobrevivencia de poblaciones de <i>Leptochloa uninervis</i> .....	51
4.2 Análisis dosis-respuesta de biotipos de malezas <i>L. uninervis</i> y <i>E. colona</i> sospechosos de resistencia a herbicidas empleados en arroz.....	52
4.2.1 Altura de planta de poblaciones de <i>Echinochloa colona</i> .....	53
4.2.2 Daño por fitotoxicidad.....	54
4.2.3 Tasa de sobrevivencia de la maleza.....	56

4.2.4 Biomasa área por población a partir del peso fresco de <i>Echinochloa zoliana</i> .....	57
4.3 Caracterización metabólica por citocromo P450s monooxigenasa de biotipos de las malezas seleccionadas como sospechosas de resistencia. 58	
4.3.1 Altura de planta .....	59
4.3.2 Fitotoxicidad .....	61
4.3.3 Tasa de supervivencia de la maleza .....	63
4.3.4 Biomasa área por población a partir del peso fresco .....	64
5. DISCUSIÓN .....	66
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
6.1 Conclusiones .....	69
6.2 Recomendaciones .....	70
BIBLIOGRAFÍA .....	71
ANEXOS .....	76

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los herbicidas .....	36
Tabla 2. Modelo de DCA screening de <i>E. colona</i> y <i>L. uniseriata</i> .....	38
Tabla 3. Modelo de análisis de ANDEVA, según grados de libertad .....	38
Tabla 4. Caracterización metabólica mediante citocromos P450, .....	38
Tabla 5. Diseño del proyecto .....	39
Tabla 6. Localización de poblaciones de <i>Echinochloa</i> .....	41
Tabla 7. Localización de poblaciones de <i>Leptochloa uniseriata</i> .....	41
Tabla 8. Escala de la Asociación latinoamericana de malezas .....	44
Tabla 9. ANOVA de la variable fitotoxicidad de <i>Echinochloa colona</i> .....	48
Tabla 10. ANOVA de variable sobrevivencia de <i>Echinochloa colona</i> .....	49
Tabla 11. ANOVA de variable fitotoxicidad de <i>Leptochloa uniseriata</i> .....	50
Tabla 12. ANOVA de variable Sobrevivencia de <i>Leptochloa uniseriata</i> .....	52
Tabla 13. Regresión no lineal de <i>Echinochloa colona</i> (%) .....	53
Tabla 14. Regresión no lineal de respuesta de fitotoxicidad por propanil .....	55
Tabla 15. Regresión no lineal de mortalidad por propanil (%) .....	56
Tabla 16. Modelo dosis-respuesta de biomasa aérea fresca (%) .....	57
Tabla 17. ANDEVA de altura de planta día 21 ODA (%) .....	59
Tabla 18. ANDEVA de fitotoxicidad Día 14 ODA .....	62
Tabla 19. ANDEVA de sobrevivencia .....	63
Tabla 20. ANDEVA de biomasa en peso fresco .....	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de poblaciones de E. colona y L. unimervis	42
Figura 2. Fitotoxicidad herbicidas Echinochloa colona	40
Figura 3. Sobrevivencia a herbicidas en Echinochloa colona	50
Figura 4. Fitotoxicidad de herbicidas en Leptochloa unimervis	51
Figura 5. Sobrevivencia a herbicidas en Leptochloa unimervis	52
Figura 6. Regresión no lineal altura de E. colona	54
Figura 7. Regresión no lineal de fitotoxicidad (%)	55
Figura 8. Sobrevivencia de plantas de Echinochloa colona (%)	56
Figura 9. Biomasa aerea en peso fresco (%)	57
Figura 10. Altura planta Día 14 ODA	60
Figura 11. Altura planta Día 21 ODA	60
Figura 12. Altura planta Día 21 ODA	61
Figura 13. Fitotoxicidad de plantas de Echinochloa colona (%)	62
Figura 14. Sobrevivencia de plantas de Echinochloa colona (%)	64
Figura 15. Biomasa fresca de plantas de Echinochloa colona (%)	65
Figura 16. Milagro, El Misionero Universidad Agraria del Ecuador	78
Figura 17. Croquis de distribución de screening Echinochloa colona	78
Figura 18. Croquis de tratamientos con dosis crecientes	79
Figura 19. Croquis de tratamientos con dosis crecientes	79
Figura 21. Croquis de tratamientos con dosis crecientes y resección	80
Figura 20. Recolección de muestras en sectores arroz	80
Figura 22. Preparación de sustrato y bandejas germinadoras	81
Figura 23. Inicio del bioensayo 1: preparación y sembrar	81
Figura 24. Germinación de biotipos y preparación de macetas	82
Figura 25. Trasplante de biotipos y crecimiento semillas	82
Figura 26. Preparación de matrices para aplicación (Bioensayo 1)	83
Figura 27. Preparación de dosis comerciales (Bioensayo 1)	83
Figura 28. Aplicación de Dosis comerciales (Bioensayo 1)	84
Figura 29. Recolección de datos después de la aplicación (Bioensayo 1)	84
Figura 30. Resultados de propaquiz en Echinochloa colona	85
Figura 31. Resultados de penoxaflor en Echinochloa colona	85
Figura 32. Resultados de piribenzolim en Echinochloa colona	86

Figura 33. Resultados de propanil en <i>Leptochloa unineria</i> .....	66
Figura 34. Resultados de imberzoxim en <i>Leptochloa unineria</i> .....	67
Figura 35. Resultados de peroxsulfam en <i>Leptochloa unineria</i> .....	67
Figura 36. ANDEVA y Test Tukey fitotoxicidad en <i>E. colona</i> (Bioensayo 1).....	68
Figura 37. ANDEVA y Test Tukey sobrevivencia en <i>E. colona</i> (Bioensayo 1).....	69
Figura 38. ANDEVA y Test Tukey fitotoxicidad en <i>L. unineria</i> (Bioensayo 1).....	90
Figura 39. ANDEVA y Tukey sobrevivencia en <i>L. unineria</i> (Bioensayo 1).....	91
Figura 40. Toma de datos 14 días después de la aplicación.....	92
Figura 41. Germinación de los biotipos R y S, trasplante a los 15 días.....	92
Figura 42. Preparación de las dosis cocientes de Propanil (Bioensayo 2).....	93
Figura 43. Aplicación de dosis cocientes a biotipo resistente.....	93
Figura 44. Aplicación de dosis cocientes a biotipo susceptible.....	94
Figura 45. Toma de datos a 14 días.....	94
Figura 46. Respuesta dosis-respuesta de propanil en <i>E. colona</i> (R).....	95
Figura 47. Resultados dosis-respuesta de propanil en <i>E. colona</i> (S).....	95
Figura 48. Inicio del bioensayo 3: muestra y sustrato.....	96
Figura 49. Testigo de dosis-respuesta (Bioensayo 2).....	96
Figura 50. Preparación de equipos y aplicación de propanil y malathion.....	97
Figura 51. Trasplante y remoción de plantitas a 15 días.....	97
Figura 52. Aplicación de propanil y malathion en dosis altas.....	98
Figura 53. Resultados de biotipos 14 días después de la aplicación.....	98
Figura 54. Resultados de Propanil en dosis mayores con Malathion.....	99
Figura 55. Foto final con Tutor Ing. Javier Méndez Thompson.....	99
Figura 56. ANDEVA/Tukey altura de propanil y malathion (Bioensayo 3).....	100
Figura 57. ANDEVA y Tukey de fitotoxicidad con propanil (Bioensayo 3).....	101
Figura 58. ANDEVA y Tukey de sobrevivencia con propanil (Bioensayo 3).....	102
Figura 59. ANDEVA y Tukey de biomasa con propanil (Bioensayo 3).....	103

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes del problema

La producción mundial de cereales tuvo un incremento en el año 2024, el cual superó los 2642 millones de toneladas. Esto disminuyó la brecha en comparación con la producción de 2023, que excede el pico de 2024 en más de 144 millones de toneladas.

A partir de febrero, la FAO tuvo una proyección de 3.6 millones de toneladas para la producción global de arroz para los años 2024/25, que llegará a un nuevo pico de 543.0 millones de toneladas (arroz procesado) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024).

El arroz constituye uno de los cultivos de mayor relevancia a nivel mundial, siendo China, India, Indonesia y Pakistán los principales países productores. En América Latina, destacan Argentina, Uruguay, Perú y Brasil, cuyos rendimientos promedio alcanzan 7.7, 8.0, 6.4 y 5.0 t ha<sup>-1</sup>. En contraste, Ecuador registra un rendimiento promedio de 3.74 t ha<sup>-1</sup>, valor inferior al reportado en Colombia, que alcanza 4.87 t ha<sup>-1</sup>.

En Ecuador, la producción arrocerá representa una actividad agrícola estratégica, de manera particular en la región Costá, donde se concentran las principales áreas de cultivo. Entre los cantones con mayor producción destacan Daule, en la provincia del Guayas, y Esfíntico, perteneciente a la provincia de Los Ríos (Cobos et al., 2020).

La mayoría de los cultivos se observan en ambientes de dificultades tales como plagas, entre ellas se destacan las malezas.

Las arvenses son plantas que no confieren un valor y hacen de manera aleatoria dentro del terreno, bajo crecimiento y la productividad del cultivo (Cadena et al., 2020).

Sin embargo, el cultivo de arroz se encuentra afectado por dos malezas agresivas en su territorio, una de ellas es la *Echinochloa colosa* es una maleza significativa en los terrenos de arroz de zonas bajas, como consecuencia, de pérdidas significativas en el rendimiento (Mustamu et al., 2025).

La *Echinochloa colosa* puede reducir el rendimiento del grano de arroz hasta en un 38% si no se controla, como resultado de su prolificidad y competitividad, los productores deben gestionar esta maleza, a causa de ello utilizan herramientas culturales y químicas (Uribe et al., 2024). Por lo tanto, se contrasta con

herbicidas: los cuales desempeñan una función fundamental en el manejo de malezas dentro de la agricultura moderna en todo el mundo y en particular en los sistemas de producción de arroz. Los herbicidas inhibidores de la acetilcofacto sintasa (ALS) son los pesticidas de arroz más utilizados para el control de la *Echinochloa colona* (Lejkovits et al., 2024).

El desarrollo de resistencia de las malezas es un proceso de cambio que muestra resistencia a herbicidas sistémicos y de contacto. Provocado por la selección natural de las plantas, que desarrollan diversos mecanismos para adaptarse a condiciones adversas del entorno (Gedir et al., 2020).

Es el caso de las plantas que tienen adaptabilidad al aplicar herbicidas (Conductor et al., 2024) informó que el 95% de las poblaciones barbudas con aspecto de resistencia a la glifosato son susceptibles al momento de someterse a evaluaciones de dosis-respuesta.

Por esta razón, incrementa la población de malezas con resistencia, por lo que el control de estas es una de las actividades con mayor dificultad de ejecutar en los campos de producción (Lobo y López, 2021).

## 1.2 Planteamiento y formulación del problema

### 1.2.1 Planteamiento del problema

A nivel internacional se utilizan herbicidas para controlar las malezas en diversos cultivos. Sin embargo, esta práctica se lleva a cabo de manera frecuente, de forma desmedida. Por la misma razón en la actualidad se evidencia una resistencia a productos químicos en los campos de los productores.

Existen factores que limitan la producción en cultivos de arroz, que tienen como consecuencia disminuir los ingresos económicos de los agricultores, como la prevalencia de las malezas.

### 1.2.2 Formulación del problema

¿El uso repetitivo de herbicidas inhibidores de la ALS en arroz ha ejercido presión de selección sobre *Leptochloa unguis* y *Echinochloa colona*, favoreciendo biotipos con distinta sensibilidad y tiempo de residencia, lo que compromete la eficacia del control químico y la sostenibilidad del sistema productivo?

### 1.3 Justificación de la investigación:

El presente trabajo de investigación evalúa tres herbicidas de diferentes modos de acción sobre poblaciones de *Leptochloa uncinata* y *Echinochloa colona* susceptibles de resistencia a inhibidores de la ALS.

El manejo del cultivo y el control de malezas avanzan a medida que aquellos que las practiquen mejoran su tecnología para poder controlarlas; con el presente trabajo se buscara generar información técnica y aportar para que de esta manera ayuden a los agricultores a tomar mejores decisiones al momento de llevar a cabo el control de malezas.

De ello, surge la necesidad de evaluar diferentes herbicidas de uso frecuente y usos respectivos datos, con el propósito de prevenir la generación de resistencias, reducir el impacto ambiental y evitar pérdidas económicas, derivadas de su uso excesivo.

### 1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El proyecto se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Agraria del Ecuador, en el Centro de Investigación El Milonero, ubicado en La Ciudad de Milagro en la provincia de Guayas, coordenadas 2° 5'40.28"S Latitud Sur y 79°34'27.18"O. (Figura 16)
- **Tiempo:** El tiempo estimado del proyecto es de seis meses. Durante este tiempo, se realizarán pruebas diagnósticas para evaluar la caracterización de la posible resistencia de los biotipos de *Leptochloa uncinata* e *Echinochloa colona*.
- **Población:** La información relevante para investigaciones en temas agrícolas relacionados, beneficia a toda la cadena productiva del cultivo de arroz, en especial a los agricultores de la Cuenca baja en la provincia del Guayas, siendo centros como: Durán con 302.910 habitantes, Yaguachi Zócalo, Milagro con 185.943 habitantes, Naranjo con 44.168 habitantes, El Triunfo con 60.547 y Naranjal 63.091 habitantes, siendo estos los más representativos donde se viertan la gran mayoría, según el censo del 2022.

### 1.5 Objetivo general

Evaluar el comportamiento de poblaciones de *Leptochloa uncinata* y *Echinochloa colona* frente a la aplicación de tres herbicidas en el cultivo de arroz, mediante pruebas morfológicas de supervivencia, con el fin de determinar su nivel de resistencia.

### 1.6 Objetivos específicos:

- Identificar, mediante un screening, las poblaciones de *Leptochloa unineris* y *Echinochloa colona* con mayor tasa de supervivencia a tres herbicidas empleados en el cultivo de arroz aplicados a dosis de etiqueta.
- Analizar de esa respuesta de biotipo de maíces *L. unineris* y *E. colona* sospechosos de resistencia a herbicidas empleados en arroz.
- Caracterizar el metabolismo mejorado de clóximo (P450s monooxigenasa de biotipo) de las maíces seleccionadas como sospechosas de resistencia.

### 1.7 Hipótesis:

Al menos una de las poblaciones de *Leptochloa unineris* o *Echinochloa colona* muestra una supervivencia superior cuando es expuesta a herbicidas genotípicos de uso en arroz con diferentes mecanismos de acción aplicados a dosis mayores que la recomendada en la etiqueta.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

Según estudios realizados por Pirouza et al. (2022), recolectó semillas de pasto (*Echinochloa colona*) en campos de arroz, ubicados en Tailandia. Se realizó un estudio dosis-respuesta para evaluar el nivel de resistencia. Además, se evaluó la eficacia de herbicidas como: profloxidin, propant y quindorac. Identificó resistencia al quindorac en campos de arroz (23%), mientras que las treinta y nueve campos (24%) fueron susceptibles al quindorac. Como resultado, el profloxidin y el propant proporcionaron un control eficaz de las dos poblaciones de pasto de arroz resistentes al quindorac.

Del mismo modo, el investigador Haghnama y Mamean (2020) recolectaron biotipos de semillas maduras de *E. crus-galli* en diferentes regiones de Irán y Turquía. Después de la germinación, las plántulas se transfirieron a macetas con tierra de arrozales y herbicidas como Fenoxsulfam, Cyhalotop-butilo, en las etapas de tres a cuatro hojas verdaderas. Los biotipos que mantuvieron un peso seco del 50% fueron elegidos como resistentes y se sometieron a un ensayo dosis-respuesta. Los resultados del ensayo dosis-respuesta demostraron que el único biotipo resistente al peroxsulfam fue recolectado en Irán. Mientras que el 30% de los biotipos recolectados en Turquía presentaron resistencia.

De manera similar, en la investigación de Jami et al. (2024) se verificó la resistencia cruzada de imazapir e imazapyr en la población de arroz maliza de la zona este de Malasia germinada, siendo la mutación *Su-653-Aa* la principal causa de resistencia.

No obstante, se presentó una perspectiva adicional, en el estudio de Fuentes et al. (2025) donde se mencionó que *Echinochloa colona* fue una maleza que desarrolló resistencia a múltiples herbicidas. Un total de 35 *E. colona* fueron evaluadas, las cuales fueron tratadas con bispyribac-sodio a una dosis comercial de 40 g ha<sup>-1</sup>, sometidas a curvas dosis-respuesta. El control y dosis por ciento de las 35 accesiones mostraron un control pobre a deficiente (<70%) por bispyribac-sodio. Varias poblaciones evidenciaron una resistencia superior a 10 veces la dosis empleada del herbicida.

Por otro lado, Adams et al. (2025) sometieron las plántulas a tratamientos de glifosinato, glifosato, sulfuarfeno, napropamida, quizalofop y cletodim en la etapa de tres a cuatro hojas. Las pruebas de dosis-respuesta mostraron que el biotipo

resistente era 11: 12:80 y 2 veces más resistente al glifosato, setodim, quizalofop. Los hallazgos confirmaron la resistencia de múltiples herbicidas en el pájaro de ganso al glifosato, setodim, quizalofop.

Mientras que un estudio realizado por Aizentare (2022) permite identificar de manera oportuna poblaciones resistentes mediante prospecciones de campo, No obstante, el autor señaló que la caracterización de los mecanismos de resistencia resultó fundamental para diseñar e implementar programas eficaces de manejo, orientados a prevenir el incremento de los niveles de resistencia y la aparición de resistencia cruzada o múltiple.

En contraste, en una investigación correspondientes a una tesis de carácter bibliográfico de Samaniego & Lobo (2021) menciona que en 1991 se reportó el primer caso de resistencia de *Echinochloa colona* al propanil en Costa Rica. Al evaluar siete poblaciones provenientes de sistemas agrícolas, determinaron que seis presentaron valores elevados de RC<sub>50</sub> respecto a la población susceptible. Además, las poblaciones expuestas continuamente al herbicida durante 15 años mostraron hasta ocho veces más resistencia, evidenciando que la aplicación repetitiva de propanil favorece la selección de biotipos resistentes.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Generalidades del cultivo de arroz

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una planta herbácea anual perteneciente a la familia Poaceae, considerada uno de los cereales de mayor distribución a nivel mundial. Su cultivo se desarrolla en todos los continentes, en especial en regiones de clima cálido y húmedo. En la actualidad, representa uno de los alimentos de mayor consumo global y constituye un componente esencial de la dieta de gran parte de la población (Barras, 2021).

#### 2.2.1.1. Origen y distribución

Se estima que el origen del cultivo de arroz se localizó en el noreste de la India, con precisión en las laderas de Himalaya. Desde el sur este asiático el cultivo se expandió hacia China alrededor del año 2000 (A.C). Luego se difundió desde Corea del Sur hacia Japón. Asimismo, desde India fue introducido en Indonesia y Sri Lanka. Más adelante, los cultivos domesticados de arroz se propagaron desde Asia oriental hacia Occidente, siendo transportados por colonizadores españoles, portugueses y holandeses (Avelar et al., 2019).

El arroz fue introducido en América Latina por esclavos llegados al nuevo continente, formaba parte de sus provisiones ya que constituyó su principal fuente de alimentación (Acovejo et al., 2016).

#### 2.2.1.2. Clasificación taxonómica

El arroz es una planta Magnoliophyta del orden Cyperales, perteneciente a la familia de las Poáceas, a la subfamilia de las Pandoideas, su tribu es Oryzae y su nombre científico es *Oryza sativa* (Caro et al., 2023).

#### 2.2.1.3. Importancia económica del cultivo de arroz en el Ecuador

El arroz es uno de los principales cultivos alimentarios a escala mundial. A nivel mundial se reportaron 167 millones de ha en 2017, con una producción de 700 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 4601,9 kg/ha. (Calvo, 2020). Es un alimento a nivel mundial; en Ecuador se sembraron 358100 ha en 2017, produciendo 1 069 614t con un rendimiento promedio de 2978,5 kg/ha. (Caro et al., 2021). A pesar de la escasez de tierras cultivables, agua de riego y fertilizantes, era preciso aumentar la producción de arroz para satisfacer la creciente demanda de la población mundial (Mesa & Poma, 2022).

Por su elevada demanda alimentaria a nivel global, el arroz es considerado uno de las gramíneas de mayor consumo en el mundo. Asimismo, ocupa el segundo lugar en superficie cultivada después del trigo, debido a su importancia nutricional, su contribución a la seguridad alimentaria y relevancia socioeconómica como fuente de empleo para pequeños y grandes productores agrícolas (Sampedro, 2017). En Ecuador este cultivo ha representado una de las principales actividades agrícolas, limitadas por las condiciones edafológicas asociadas para su desarrollo. La mayor producción se concentra en las provincias de Guayas y Los Ríos con participaciones aproximadas de 52% y 42%. El porcentaje restante se distribuye en otras zonas del litoral, así como en la provincia de Loja y la región Amazónica (Lizcano 2016).

#### 2.2.1.4. Morfología

##### 2.2.1.4.1. Raíces

Las raíces son delgadas, fibrosas y leñosas. Existen dos tipos de raíces: Las raíces semitales se desarrollan a partir de la radícula y presentan un carácter temporal, mientras que las raíces adventicias secundarias se originan en los nudos inferiores del tallo jóvenes y se caracterizan por su abundante capacidad de

ramificación. Estas raíces adventicias reemplazan de forma progresiva a las raíces principales durante el desarrollo de la planta (Cajalada, 2024).

#### **2.2.1.4.2. Tallo.**

El tallo maduro presenta una conformación cilíndrica y firmemente esmiada, con una longitud variable que aumenta de forma progresiva desde la porción basal hacia la región apical del tallo. Los entrenudos basales muestran una longitud reducida desde el nudo del tallo, fusionándose progresivamente para constituir una estructura compacta. El tallo está constituido por una sucesión alternativa de nudos y entrenudo, presentado una estructura cilíndrica, glabra y nodosa, con una longitud que oscila entre 60 y 120 cm (Delgado et al., 2018).

#### **2.2.1.4.3. Hojas.**

Las hojas presentan una disposición alterna y envainada; el limbo foliar es de forma lineal, ápice agudo, longitud variable y superficie plana. En la zona de unión entre la vaina y el limbo se localiza una estructura membranácea denominada ligula (Lush, 2013). Esta ligula es trifida, lo que significa que está dividida en dos partes, y se extiende erguida. En el borde hay una serie de pequeñas extensiones azules y sedosas llamadas cílios (Montano et al., 2017).

#### **2.2.1.4.4. Flores.**

Sus flores hematófrditas tienen un ovario con dos eslagmas plumbeos y seis estambres. Estos órganos están contenidos en dos glumillas, que son bráctea convexas. Las dos glumillas se unen en el ápice de la flor, que varía de color según la variedad. Otras características diferenciales variables son el color y la pilosidad de las glumillas (Fernández, 2021).

#### **2.2.1.4.5. Grano.**

El grano de arroz corresponde al ovario desarrollado y maduro de la planta. El grano desecado, conocido de forma botánica como *carópsida*, que consiste un pentarrio de tonalidad parda se denomina arroz integral o arroz café, mientras que aquel presenta un pentarrio de color rojo es identificado como arroz rojo (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2017).

### **2.2.2 Control de malezas**

Zurita (2021) señaló que el manejo agronómico del cultivo de arroz en Ecuador influye directamente en los niveles de rendimiento obtenidos durante la cosecha. Indicó que el rendimiento promedio nacional (estimado en

aproximadamente el 1ha", se encuentra por debajo del promedio latinoamericano (4.9 t/ha) y sudamericano (2.1t/ha). Asimismo, diversos especialistas atribuyen estos bajos rendimientos al predominio de fertilizantes en especial el fósforo y potasio, a la utilización de semilla reciclada y la escasa adopción de prácticas mejoradas de manejo fitosanitario.

Alvarado (2019) menciona que la preparación del suelo está condicionada por el sistema de siembra empleado, ya sea en arroz inundado o en condiciones de secano. Además, destacó que durante el desarrollo del cultivo deben considerarse diversos factores agronómicos que inciden en la productividad final, entre ellos el manejo de herbicidas, insecticidas entre otros productos destinados al control de plagas y enfermedades, así como la gestión del riego y fertilización.

Valladares (2010) afirmó que el control de malezas constituye una práctica fundamental en el cultivo de arroz, práctica fundamental en el cultivo de arroz, debido a que estas compiten con el cultivo por recursos esenciales como agua, luz y nutrientes.

#### **2.2.2.1. Control malezas en el cultivo de arroz**

Las malezas o plantas no deseadas tienden a crecer junto con el cultivo de interés, estas pueden competir por espacio, luz, agua, y los recursos del suelo (Carrión & Quiroz, 2016). Las malezas presentan un severo problema para el cultivo de arroz, debido a que la producción de biomasa y el normal crecimiento del cultivo podrían verse afectados por su presencia (Dominguez, 2005).

##### **2.2.2.1.1. Principales malezas en el cultivo de arroz.**

El complejo de malezas asociado al cultivo de arroz presenta una alta diversidad funcional, predominando especies monocotiledóneas, por lo común son gramíneas y ciperáceas, así como dicotiledóneas adaptadas a sistemas de producción bajo inundación. Entre las especies de mayor incidencia se encuentran *Echinochloa crusgalli*, conocida como hembra de puercos o hierba de mulo, y *Lepidochloa amurensis*, denominada papa mora o plumilla (Alvarado, 2015).

#### **2.2.3 Clasificación de los herbicidas**

Los herbicidas corresponden a compuestos químicos formulados para eliminar o inhibir el desarrollo de malezas en plantas específicas de crecimiento. Estas formulaciones están constituidas por un ingrediente activo, responsable de la

acción herbicida, y un solvente o vehículo que facilita su aplicación y dispersión (Castillo et al., 2022).

### 2.2.3.1. Preemergente :

Los herbicidas pre-emergentes (PRE) se aplican posterior a la siembra y antes de la emergencia tanto del cultivo como de las malezas. Su efectividad depende de la presencia de humedad en el suelo, proveniente del riego o de las precipitaciones; que permita posicionar el producto en los primeros 3 a 5 cm de la profundidad, zona donde ocurre la germinación de la mayoría de las semillas de malezas durante o de forma inmediata después de la germinación reduciendo la competencia temprana con el cultivo (Castillo et al., 2022).

### 2.2.3.2. Postemergente

Los herbicidas postemergente POST son aplicados después de la emergencia de las malezas, de preferencia durante sus primeras etapas de desarrollo, cuando presentan mayor susceptibilidad al control químico y mejor capacidad competitiva frente al cultivo. Su utilización puede representar una alternativa económica muy eficiente, debido a que las aplicaciones se realizan de manera única en esos momentos. La eficacia de los herbicidas post está influenciada por factores como el grupo químico del producto, la especie y estado fenológico de la maleza, así como por las condiciones ambientales, entre ellas la velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa y ocurrencia de precipitaciones (Castillo et al., 2022).

### 2.2.4 Penoxsulam

El herbicida penoxsulam, es un herbicida sistémico y selectivo, de acción pre-emergente, es recomendada para el control de *Echinochloa colona* y algunas malezas ciperáceas y foras en el cultivo de arroz (AGROACTIVO, 2020). Actúa en la planta mediante la inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS) provocando una serie de síntomas fisiológicos característicos en las especies susceptibles. Pochas horas después de la aplicación se observa la detención del crecimiento, aunque los síntomas visibles pueden manifestarse varios días después. En aplicaciones terrestres se trata de una dosis de 2L ha<sup>-1</sup> utilizando volúmenes de aspersión entre 150 y 400 L ha<sup>-1</sup>, mientras que en aplicaciones aéreas la misma dosis se aplica con volúmenes de caída entre 80 y 100 L ha<sup>-1</sup> (Phytoma, 2021).

### 2.2.5 Propaquiz

Propaquiz es un herbicida selectivo de contacto y acción rápida, empleado en aplicaciones postemergente para el control de un amplio espectro de malezas. Su mecanismo de acción afecta el proceso fotosintético de las especies susceptibles, requiriendo la presencia de tejido foliar activo y condiciones de luminosidad para alcanzar una adecuada eficacia de control (ADAMA, 2023). Este ingrediente activo inhibe el fotosistema-II, interfiriendo específicamente en la reacción de Hill, lo que genera radicales libres y especies reactivas de oxígeno, que ocasionan la destrucción de las membranas celulares (Opikorp, 2022).

### 2.2.6 Piribenzoxim (Pyanchor)

Es un herbicida selectivo posemergente de amplio espectro, absorbido por vía foliar, eficaz en el control de malezas gramíneas, dicotiledóneas de hoja ancha y opérculosas en el cultivo de arroz. Este compuesto pertenece al Grupo B de herbicidas, caracterizados por actuar mediante la inhibición de la enzima ALS (Syngenta, 2020). Su acción fisiológica afecta procesos metabólicos relacionados con la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada y el metabolismo lipídico, ocasionando la inhibición general del crecimiento vegetal (Universidad Nacional Costa Rica (UNA), 2019).

### 2.2.7 Echinochloa orlana

La *E. orlana* se encuentra ampliamente distribuida en diferentes áreas subtropicales y tropicales en el Ecuador, ya que generó una amenaza importante para los cultivos porque compete con los recursos importantes como son los nutrientes luz y agua (Díaz, 2020).

Indican que esta maleza es una de las más perjudiciales en los sembríos de arroz en el Ecuador, su gran destreza por adaptarse a diferentes climas y terrenos, genera que esta amenaza sea permanente para la agricultura, así mismo, esta similitud morfológica con el arroz complica su detección temprana lo que empeora las dificultades en cuanto a la competencia, esta particularidad como el alto nivel de propagación y germinación genera una competencia que disminuye los rendimientos de los sembríos complicando la situación para los agricultores locales (Kenner, 2024).

Es importante un control eficiente de estas malezas para asegurar la sostenibilidad de la producción de cultivo, el aumento de la resistencia por los productos químicos que se emplean de forma intensiva ha generado un problema

adicional forzando a los agricultores a determinar diferentes opciones (que sean más eficiente y sostenible (Espinoza et al., 2021)).

En esta línea es importante analizar los estudios en cuanto a la morfología, fisiología y mecanismo que tienen este tipo de malezas para diseñar estrategias que controlen su influencia, y profundice en diferentes análisis ambientales permitiendo el desarrollo de un control más eficiente y específico (Qi et al., 2022).

### 2.2.7.1. Características generales de *E. Colona*

El *Echinochloa colona*, también llamada "paja pasillo", es reconocido por ser una planta herbácea que forma parte de la familia Poaceae lo cual es una especie que tiene un rápido crecimiento donde florece en zonas tropicales en especial en las áreas de cultivo húmedas, este tipo de maleza se la reconoce por su capacidad de adaptación a diferentes suelos y regiones agrícolas, su destreza para competir con los recursos importantes de los sembrados, que genera una amenaza por los cultivos sobre todo en la que depende de una mayor irrigación (Chauhan & Mahajan, 2023).

Esta planta posee una gran plasticidad, lo que permite que se ajuste a cualquier tipo de terreno, desde arenosa hasta arcillosa, resistiendo a diferentes periodos de inundación o sequías. Su ciclo de vida es breve y su destreza genera una amplia variedad de semillas que generan una significativa problemática y permanencia en los sistemas agrícolas, esta capacidad de adaptación permite colonizar de forma rápida en nuevos terrenos, convirtiéndola en una de las malezas más difíciles de controlar debido a su persistencia, en eventos en la área de cultivo (Miao et al., 2023).

En cuanto a su forma, esta planta se distingue por tener tallos que pueden llegar a una altura de 25 a 70 cm. Sus hojas son circulares y alargadas, con una consistencia áspera. La inflorescencia es una estructura sencilla que tiene una tonalidad verde, que contiene una semilla de tamaño reducido. Posee un alto índice de germinación, este tipo de semilla tiene la capacidad de poder mantenerse viable en diferentes tipos de suelo durante muchos años, lo cual promueve así su dispersión mediante diferentes técnicas humanas y naturales como el equipo agrícola y los animales híbridos (Wang et al., 2023).

La *E. colona* tiene como particularidad competir con los diferentes cultivos, aprovecharse los recursos está característica la transforma en una de las especies más problemática dentro de cualquier cultivo de arroz, maíz o banano reduciendo

los rindimientos y generando problemas en fases importantes de desarrollo de los cultivos, dado a su rápido crecimiento permite que sobresalen a otras plantas cultivadas reduciendo la fotosíntesis limitando la absorción de los nutrientes, este sistema radicular superficial compete de forma agresiva por el agua lo que genera una elección significativa en la hidratación de los otros cultivos (Chen et al., 2023).

Este tipo de maleza tiene como característica una alta tolerancia a los herbicidas en especies forman parte de la familia de los inhibidores de la ALD lo que complica la situación en su control en el método de agricultura mansiva, mediante este análisis se determinó que las propiedades generales de esta maleza son importantes para realizar diferentes estrategias integradas que permitan reducir su efecto en la agricultura evitando que generen más daño durante el transcurso del tiempo de sembrío (Sarmiento et al., 2021).

### **2.2.7.2. Descripción morfológica de la E. Cofova**

#### **2.2.7.2.1. Sistema radicular**

El sistema radicular (raíz) de E. cofova es de tipo fibroso y superficial se encuentra diseñado para la absorción de forma eficiente de los nutrientes y agua, esta propiedad permite la competencia agresiva de los otros cultivos en esencia los terrenos húmedos, dada su rápida capacidad radicular que permite que se recupere con facilidad donde logra sobrevivir incluso en condiciones adversas (Kawooya et al., 2016).

#### **2.2.7.2.2. Tallo.**

Los tallos son de forma cilíndrica huecos y los tiene una disposición que alcanza una altura de 25 a 70 cm, desarrollan diferentes raíces adventicias en diferentes nudos lo que otorga una estabilidad que favorece la expansión vegetal, este tipo de adaptación estructural permite colonizar de forma rápida a diferentes especies incluso en áreas con inundaciones temporales, es importante determinar que estos tallos son capaces de soportar diferentes condiciones climáticas como altas temperaturas y la humedad (Salguero et al., 2018).

#### **2.2.7.2.3. Hojas**

Las hojas de E. cofova poseen una forma lineal la cual se encuentra con una longitud de entre 10 y 30 cm y un ancho de 5 a 10 mm, posee una textura con borde dentado, suave y una tonalidad verde, en comparación otras gramíneas poseen igual a diferencia que se exhibe una extensión de vellos en la base de la lámina de

las flores, esta disposición permite identificar la especie y es una particularidad importante; su estructura foliar permite la eficacia de la captación de la luz mejorando la fotosíntesis incluso en diferentes condiciones mejora la flexibilidad de la resistencia de las hojas y permite acoplarse diferentes situaciones climáticas (con movimientos) fuertes y evita daños severos en los ambientes agrícolas (Panagiotis et al., 2020)

#### 2.2.7.2.4. Semilla

La producción de semillas de *E. coccinea* puede ser muy plástica, la cual depende de la situación del lugar, por lo general de la disponibilidad de nutrientes, el tiempo diurno y la densidad de la planta. En situaciones de días largos produce una inflorescencia demasiado larga con una excesiva fabricación de semillas, por el contrario, en situaciones de días rápidos tiene una menor producción y con poca competencia produce hasta 7160 semillas/planta (Netzer & Garcia, 2018)

#### 2.2.8 *Leptochloa uniseriata*

Es una especie anual de germinación predominantemente en las estaciones de primavera y verano. La planta presenta prostración enrollada, cotiledón glauco; lígula membranosa de hasta 5 mm de longitud y ausencia de tricomas. Las hojas en estado adulta son lineares y alargadas, con vainas ligeramente comprimidas. La inflorescencia corresponde a una panícula de forma piramidal, compuesta por espiguitas multifloras y claramente pedunculadas. Las glumas son desiguales y de menor tamaño que las flores, mientras que los lemas generalmente son milicás, aunque de forma frecuente presentan un ápice mucronado (Apar, 2020)

##### 2.2.8.1 Taxonomía

Nombre científico: *Leptochloa uniseriata*

Reino: Plantas

Familia: Poaceae

Género: *Leptochloa*

Especie: *L. uniseriata*

##### 2.2.8.2. Características generales de *Leptochloa uniseriata*

Las características biológicas de esta especie (germinación escotada, elevada producción de semillas y gran capacidad de arraigamiento) las hacen ser grandes competidoras del cultivo. *Leptochloa uniseriata* está constituida por unas 40 especies y suele aparecer en zonas subtropicales y cálidas del mundo. Las dos subespecies frecuentes en extrema maduración son *L. uniseriata* subespecies

fasciculada y uninervia. Este género presentó una geminación escabrida y tiene gran capacidad de ahijamiento. Tanto la geminación como su desarrollo coinciden con el amor y el de la *Echinochloa cypripes*; con la que suele estar asociada (Krispide et al., 2021).

### 2.2.8.3. Descripción morfológica de *Leptochloa uninervis*:

- El tallo presenta ramificaciones a nivel de los nudos, los cuales muestran una coloración oscura o totalidad violáceas.
- Las hojas son de forma lanceolada y pueden presentar o no pubescencia (tanto en la vena como en el limbo foliar), característica que varía según la especie.
- La inflorescencia corresponde a una panícula abierta, ampliamente ramificada y de longitud variable que durante la maduración adquiere tonalidad rosada o blanco pajizo, depende de la especie.
- Los frutos corresponden a una cariopsis, caracterizada por ser un fruto seco e indehiscente, cuya superficie carece de semillas marcadas (Sintaña, 2022).

## 2.3 Marco legal

### 2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)

Considerando que:

Artículo 11 de la Constitución de la República del Ecuador: se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (p.24)

Artículo 15 de la Constitución de la República del Ecuador: El Estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional. (p.24; p.25)

Artículo 83 de la Constitución de la República del Ecuador establece que algunos de los deberes y responsabilidades de los ecuatorianos, en materia

ambiente), con los siguientes: defender la integridad territorial del Ecuador y sus recursos naturales, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible, conservar el patrimonio cultural y natural del país, y cuidar y mantener los bienes públicos. (p.11)

Artículo 27E, número 4, de la Constitución de la República del Ecuador establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural. (p.124)

Art. 281 - de la Constitución de la República del Ecuador establece que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente. Para ello, será responsabilidad del Estado: 1. Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria. 2. Adoptar políticas fiscales, tributarias y arancelarias que protejan al sector agroalimentario y pesquero nacional, para evitar la dependencia de importaciones de alimentos. 3. Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria. 4. Promover políticas redistributivas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua y otros recursos productivos. 5. Establecer mecanismos preferenciales de financiamiento para los pequeños y medianos productores; facilitándoles la adquisición de medios de producción. 6. Promover la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella, así como el uso, la conservación e intercambio libre de semillas. 7. Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable. 8. Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiadas para garantizar la soberanía alimentaria. 9. Regular bajo normas de bioseguridad el uso y desarrollo de biotecnología, así como su experimentación, uso y comercialización. 10. Fortalecer el desarrollo de organizaciones y redes de productores y de consumidores, así como las de comercialización y distribución de alimentos que promueva la equidad entre espacios rurales y urbanos. 11. Generar sistemas justos y solidarios de distribución y comercialización de alimentos. Impedir prácticas monopolísticas y cualquier tipo de especulación con productos alimenticios. 12. Dotar de alimentos a las poblaciones víctimas de desastres naturales o antrópicos que pongan en riesgo el acceso a la alimentación. Los alimentos recibidos de ayuda internacional no deberán afectar la salud ni el futuro de la producción de alimentos producidos localmente. 13. Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos. 14. Adquirir alimentos y materias primas para programas sociales y alimentarios, prioritariamente a redes asociativas de pequeños productores. (p.138; p.139)

Artículo 400. El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional. Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país. (p. 190)

Artículo 404 de la Constitución de la República del Ecuador declara que El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción. (p. 190) (p. 191)

Artículo 409 de la Constitución de la República del Ecuador declara que es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera prelatente, especies nativas y adaptadas a la zona. (p. 192)

Artículo 411 de la Constitución de la República del Ecuador dispone que el Estado garantiza la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua; La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua. (Constitución de la República del Ecuador, 2008; Art. 14; Art. 15; Art. 83; Art. 276; Art. 281; Art. 400; Art. 404; Art. 409; Art. 411)

### **2.3.2 Código Orgánico del Ambiente**

#### **Título I de la Conservación de la Biodiversidad**

Art. 30.- **Objetivos del Estado.** Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son: 1. Conservar y usar la biodiversidad de forma sostenible; 2. Mantener la estructura, la composición y el funcionamiento de los ecosistemas, de tal manera que se garantice su capacidad de resiliencia y su la posibilidad de generar bienes y servicios ambientales; 3. Establecer y ejecutar las normas de bioseguridad y las demás necesarias para la conservación, el uso sostenible y la restauración de la biodiversidad y de sus componentes, así como para la prevención de la contaminación, la pérdida y la degradación de los ecosistemas terrestres, insulares, oceánicos, marinos, marino-costeros y acuáticos; 4. Regular el acceso a los recursos biológicos, así como su manejo, aprovechamiento y uso sostenible; 5. Proteger los recursos genéticos y sus derivados y evitar su apropiación indebida; 6. Regular e incentivar la participación de personas, familias, comunidades, pueblos y nacionalidades en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, así como en la distribución justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos; 7. Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua; 8. Promover la investigación científica, el

desarrollo y transferencia de tecnologías; la educación e innovación; el intercambio de información y el fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y sus productos para impulsar la generación del bioconocimiento; 3. Contribuir al desarrollo socioeconómico del país y al fortalecimiento de la economía popular y solidaria, con base en la conservación y el uso sostenible de los componentes y de la biodiversidad y mediante el impulso de iniciativas de biocomercio y otras. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p. 16)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Enfoque de la investigación

El proyecto tuvo un enfoque cuantitativo, dado que tuvo un análisis estadístico de datos numéricos obtenidos mediante mediciones contrastadas, para evaluar cómo afectó a poblaciones de *Echinochloa colona* y *Lepidochloa univertis* las dosis de los diferentes herbicidas.

##### 3.1.2 Tipo y alcance de la investigación

Este trabajo es de tipo experimental, donde se conoció el efecto y la eficacia de tres herbicidas utilizados de manera consecutiva en los cultivos de arroz, para el control de las malezas: *Echinochloa colona* y *Lepidochloa univertis*. Tuvo un enfoque descriptivo, mediante ello se demostró de forma experimental la resistencia de las malezas a los herbicidas.

##### 3.1.3 Diseño de investigación

###### 3.1.3.1. Investigación aplicada

Mediante la aplicación de estos herbicidas para controlar estas especies: *Echinochloa colona* y *Lepidochloa univertis* pertenecientes al cultivo de arroz, de tal manera de reducir la población y densidad de estas malezas.

###### 3.1.3.2. Investigación de campo

El presente trabajo de investigación se realizó, en las instalaciones de la Universidad Agraria del Ecuador, en el Instituto Experimental El Milonero, ubicado en la provincia del Guayas, cantón Milagro, en el km. 1 de la vía Milagro-Namajillo, entre las coordenadas 2°54'12" S latitud Sur y 79°34'27,18" O longitud Occidental y a 13 msnm. Se ejecutó una investigación de campo donde se evaluó el efecto de los herbicidas en cada uno de las variedades para determinar la eficacia de los herbicidas.

###### 3.1.3.3. Investigación experimental

Por medio del desarrollo de un trabajo experimental se aplicó una serie de tratamientos para verificar el eficaz control de *Echinochloa colona* y *Lepidochloa univertis* debido a que estas poseen características particulares que les permiten sobrevivir a la aplicación de herbicidas en el cultivo de arroz, donde se evaluó el efecto de la aplicación de estos moléculas con las dosis indicadas para verificar la sospecha de resistencia de las malezas.

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Variables:

#### 3.2.1.1. Variable Independiente

##### 3.2.1.1.1. Bioensayo 1

#### Variables Independientes

En el primer bioensayo se realizó un screening con seis poblaciones de *Echinochloa crusgata* (PE) y seis poblaciones de *Leptochloa juncea* (PL), se aplicó herbicidas identificadas como Pencoxsulam (PEN), Propanil (PRO), Piribenzoxim (PYB) y un Control zero (testigo) de cada población, con cuatro repeticiones con la dosis recomendada por el fabricante en la etiqueta para el control de malezas:

#### Herbicidas:

- Pencoxsulam (PEN)
- Propanil (PRO)
- Piribenzoxim (PYB)

#### Dosis

##### Pencoxsulam

- Dosis: 40 g/ha

##### Propanil

- Dosis: 2064 g/ha

##### Piribenzoxim

- Dosis: 50 g/ha

### 3.2.1.1.2. Bioensayo 2

#### Variables Independientes

El estudio contempló la evaluación de las herbicidas Pencoxsulam, Propanil y Piribenzoxim, sin embargo, a partir de los resultados del screening, se identificaron las poblaciones que evidenciaron una aparente resistencia y susceptibilidad, por ende, estas fueron expuestas al herbicida seleccionado Propanil, en siete dosis crecientes diferentes, siendo la dosis máxima como 1X, la recomendada por el fabricante en la etiqueta para el control de las malezas.

#### Herbicidas:

- Propanil

#### Dosis:

- Dosis: 0X (testigo), 1/4X, 1/2X, 1X, 2X, 4X y 8X g i.a. ha<sup>-1</sup>.

### 3.2.1.1.3. Bioensayo 3.

#### Variables independientes

Las poblaciones que evidenciaron resistencia fueron seleccionadas para ser expuestas y pulverizadas con un inhibidor del citocromo P450 tanto resistentes y susceptibles a él o los herbicidas seleccionados. Cada población contó de cuatro tratamientos (0X, 2x, 4x y 8x) de Herbicida, que incluyen suana repeticiones cada tratamiento, se evaluó en dosis de malathion 1000 g y 2000 g ha<sup>-1</sup>.

- Dosis: 0X (testigo), 2X, 4X, 8X (Herbicidas).
- Dosis: 1000 g, 2000 g (Malathion).

#### 3.2.1.2. Variable dependiente

##### 3.2.1.2.1. Daño por fitotoxicidad.

La eficacia del tratamiento midió qué el (Herbicida o método de manejo) para reducir la biomasa o presencia de malezas en comparación con un control no tratado; se lo evaluó de forma visual 14 días después de la aplicación (DDA); se usó la escala de ALAM de 1024 bonos (0%= sin efecto y 100%= muerte).

##### 3.2.1.2.2. Tasa de mortalidad de la maleza.

La tasa de mortalidad se determinó como el porcentaje de las plantas (malezas) no sobrevivientes después del tratamiento; en relación con el total inicial. Se evaluó de forma cuantitativa las plantas sobrevivientes a los 21 DDA.

##### 3.2.1.2.3. Altura de malezas tratada.

La medición de la altura promedio de las malezas sobrevivientes después del tratamiento; se determinó con la unidad de medición (cm) con una cinta métrica; cada 0, 6, 14 y 21 DDA.

##### 3.2.1.2.4. Biomasa aérea fresca.

Se realizó un corte de la parte aérea del ras del suelo a los 21 DDA; Posteriormente al pesaje inmediato con balanza digital (0.001 g).

## 3.2.2. Tratamientos.

### 3.2.2.1. Bioensayo 1

Para realizar este trabajo de investigación se empleó herbicidas, que se muestran en la Tabla (1) junto con sus características. Por consiguiente, se realizó un screening de las seis poblaciones de cada especie a estudiar con los respectivos

herbicidas aplicando la dosis comercial, constando de 24 tratamientos; el cual incluyó un control (sin aplicación) de alta población.

**Tabla 1.**  
**Características de los herbicidas**

Tipo	Ingrediente activo (i.a.)	Producto	Concentración (g/L)	Dosis (g/L/ha)
Herbicidas	Pencossulam	Pencossulam	25	40g
Herbicidas	Propanil	Propanil	490	2064g
Herbicidas	Piribenzozon	Piribenzozon	50	50g
Testigo				

Elaborado por: El Autor, 2026

### 3.2.2.2. Bioensayo 2 Dosis-respuesta

Luego de la prueba de screening, se procedió a clasificar las poblaciones de las miezas en R (resistente) y S (susceptible). Por su parte, se ejecutó dos tratamientos junto al herbicida Propanil (PRC), con las respectivas dosis (dosis identificadas como: D1 (1X) testigo, D2 (1/4x), D3 (1/2X), D4 (1X) dosis comercial, D5 (2X), D6 (4X), D7 (8X).

### 3.2.2.3. Bioensayo 3

En el ensayo tres se trabajó con las poblaciones de malezas caracterizadas como resistentes y susceptibles a los herbicidas previamente indicados, siempre que dichos tratamientos no hayan ejercido efecto significativo sobre dichas poblaciones. Por consiguiente, se trabajó con cuatro tratamientos (0x, 2x, 4x y 6x), con cuatro repeticiones por tratamiento. Cada repetición consistió de cinco muestros, con cuatro plantas por muestra, dando un total de 80 individuos evaluados. Se evaluaron dos dosis de malathion 1000g y 2000g/ha<sup>3</sup>.

### 3.2.3 Diseño experimental

Para el análisis de los datos en el Bioensayo uno y Bioensayo tres se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) factorial. En cuanto al Bioensayo dos, se utilizó el programa GraphPad Prism v.10.

Cabe destacar que el experimento se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Agraria del Ecuador, en el Instituto Experimental El Milonero, ubicado en la provincia del Guayas, cantón Milagro. Se desarrolló con tres posibles ensayos secuenciales:

El primero es un screening de tipo exploratorio con la pulverización de la dosis comercial recomendada por el fabricante, enfocado en determinar la

supervivencia de poblaciones de *Echinochloa colona* y *Leptochloa univiridis* y determinar las poblaciones resistentes y susceptibles a Piroxsulam, Propanil, Imbenzoim.

El segundo ensayo permitió cuantificar la sensibilidad diferencial de las malezas a los herbicidas mediante un ensayo de dosis-respuesta.

Y el tercer experimento evaluó si existe capacidad de detoxificación de las malezas mediante los citocromos (P450), para caracterizar la posible resistencia a herbicidas.

### 3.2.3.1. Unidades experimentales:

#### 3.2.3.1.1. **Ensayo 1.**

En este bioensayo se realizó un screening con las semillas recolectadas de *Echinochloa colona* y *Leptochloa univiridis*, se desarrolló un DCA con seis poblaciones de cada maleza y con los tres herbicidas ya mencionados dando como resultado  $6 \times 4 = 24$  tratamientos de cada maleza. Siendo representados de la siguiente manera:

- 6 poblaciones de *Echinochloa colona*
- 6 poblaciones de *Leptochloa univiridis*.
- 3 herbicidas.

#### 3.2.3.1.2. **Ensayo 2.**

Para cada herbicida se desarrolló un diseño factorial múltiple:  $1 \times 3 \times 2 = 14$  tratamientos (compuesto por 12 macetas o/u) con un total de 168 macetas, conformados de la siguiente forma:

- 1 herbicida.
- 3 dosis.
- 2 poblaciones.
- Cada tratamiento consistió de tres repeticiones y cada repetición conuvo cuatro macetas (que fueron consideradas una unidad experimental), cada maceta constó de cuatro plantas con un total de 48 individuos por tratamiento.
- Tamaño parcela:  $100\text{ cm}^2$

#### 3.2.3.1.3. **Ensayo 3.**

Se tomaron las poblaciones de malezas R y S de et o los herbicidas con tratamientos de 0 y tres tratamientos (2x, 4x y 6x) con dosis sucesivas al herbicida

junto con el activo que se empleó como inhibidor del citocromo P450a, cada unidad experimental constó de cinco insectos (cuatro individuales por insecta), los factores a evaluar están conformados por:

- 2 poblaciones (R y S)
- 4 repeticiones
- 4 tratamientos
- 2 dosis de ingestión

Teniendo un total de 32 tratamientos por población.

### 3.2.3.2. Esquema del análisis de varianza

#### Bioensayo 1

**Tabla 2.**  
*Modelo de DCA screening de E. colona y L. uniterytia*

Fuente de variación	Fórmula	Grados de Libertad
Tratamientos	$t-1$	2
Error experimental	$(t-1)(r-1)$	61
TOTAL	$n-1$	63

Elaborado por: El Autor, 2025.

#### Bioensayo 2

**Tabla 3.**  
*Modelo de análisis de ANDEVA, según grados de libertad*

Fuente de variación	Fórmula	GL
Tratamientos	$a^*b-1$	8
Factor A	$a-1$	2
Factor B	$b-1$	22
Interacción AxB	$(a-1)(b-1)$	64
Error experimental	$AB(r-1)$	108
TOTAL	$a^*b^*R-1$	251

Elaborado por: El Autor, 2026.

#### Bioensayo 3

**Tabla 4.**  
*Caracterización metabólica mediante citocromos P450*

Fuente de variación	Fórmula	Grados de Libertad
Tratamientos	$t-1$	3
Error experimental	$(t-1)(r-1)$	60
TOTAL	$n-1$	63

Elaborado por: El Autor, 2026.

### 3.2.3.3. Delimitación del ensayo

**Tabla 5.**  
**Diseño del proyecto**

Tipo de diseño	DCA
Número de tratamientos de Bioensayo 1	45
Número de repeticiones de Bioensayo 1	4
Número de tratamientos de Bioensayo 2	14
Número de repeticiones de Bioensayo 2	4
Número de tratamientos de Bioensayo 3	64
Número de repeticiones de Bioensayo 3	4
Número de macetas	250
Largo de macetas	0,05 m
Ancho de macetas	0,05 m
Área total de la parcela	900 m <sup>2</sup>
Distancia entre macetas	0,2 m
Distancia entre filares	0,2 m
Número de plantas por parcela	36
Área útil de plantas por parcela	900
Área total del ensayo	900 m <sup>2</sup>

Elaborado por: El Autor, 2026

### 3.2.4 Recolección de datos

#### 3.2.4.1. Recursos

##### 3.2.4.1.1. Materiales y herramientas

**Equipos:** Bomba de mochila (boquilla T)-300Z; balanza digital (0,001 g), invernadero con control de clima;

**Biotipos:** Semillas de mamezas (*E. citrata* y *E. muricata*);

**Software:** Genspread Prism v. 10,00 para el cálculo de DCA;

**Herbicidas:** Peroxaliam, Propami, Piribenzoxim;

##### 3.2.4.1.2. Material experimental

Semillas de mamezas, herbicidas

##### 3.2.4.1.3. Recursos humanos

Tejista, tutor

#### 3.2.4.1.4 Recursos bibliográficos.

Se recibió información de diversas fuentes, como tesis doctorales, revistas científicas y tesis de licenciatura.

#### 3.2.4.2. Métodos y técnicas

##### 3.2.4.2.1. Métodos de investigación.

**Método inductivo:** Este método permite observar los resultados que se leccionó con la finalidad de cumplir los objetivos tanto específicos como generales y las hipótesis planteadas.

**Método deductivo:** Este permite observar casos particulares de la investigación a través de los principios, teorías y las leyes.

**Método sintético:** Este permite establecer y asociar los resultados para desarrollar el debate y las conclusiones correspondientes de todo el proyecto de investigación.

##### 3.2.4.2.2. Técnicas de investigación.

###### Manejo del ensayo

###### Materiales vegetales:

Las semillas de *E. colona* y *L. unguicula* (en madurez fisiológica) fueron recolectadas de forma masal en un radio de 5 km. Estas provienen de cultivos de arroz de la cuenca baja de la provincia del Guayas. Así mismo, se consideró que el lugar de extracción hubiera sido tratado con el mismo ingrediente activo u otro inhibidor de la misma enzima ALS; esta información fue obtenida a través de productores y gerentes de producción de las amoceras, por consiguiente se constató que las poblaciones habían sido expuestas a herbicidas solo largo del tiempo; al menos durante los últimos cinco años y han sido una dificultad de control, según la metodología sugerida por la *Food and Agriculture Organization (FAO, 2007)*. Sobre los criterios de manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas, en el que se destaca la correcta determinación de resistencia sugerida por *Herbicide Resistance Action Group (HRAC, 1999; Heap, 2006)* la cual describe los siguientes pasos:

1. Poblaciones de malezas que originalmente fueron susceptibles a un herbicida y actualmente existe dificultad de control.
2. Confirmación de la resistencia mediante procedimientos aceptados mediante Dosis-respuesta, curvas de crecimiento, inmadurez o

laborando empleando dosis de herbicidas letales y subletales con malezas resistentes y susceptibles:

3. Herencia: semillas recolectadas en campo y semillas que han sido cultivadas en invernadero.
4. Dificultad del control en zonas comerciales.
5. Debe ser una planta identificada como la maleza en campo (se excluyen cultivos resistentes).

Considerando los parámetros ya mencionados, para el presente trabajo se tomaron muestras en zonas agrícolas ecuatorianas, las cuales se obtuvieron de 6 poblaciones de *Echinochloa colona* y *Leptochloa unineruia* que se extrajeron del mismo sitio, por ello se las identifico como indica en la Tabla 6 y 7.

**Tabla 6.**  
**Localización de poblaciones de *Echinochloa***

Nº	Identificación	Especie	Lugar	Coordenadas
1	PE1	<i>Echinochloa colona</i>	Daua	1°52'08.8"S 80°01'00.7"W
2	PE2	<i>Echinochloa colona</i>	Churún	2°32'48.8"S 79°37'24.8"W
3	PE3	<i>Echinochloa colona</i>	Naranjito	2°08'11.1"S 79°20'38.4"W
4	PE4	<i>Echinochloa colona</i>	Milagro	2°04'05.3"S 79°34'02.9"W
5	PE5	<i>Echinochloa colona</i>	El Triunfo	2°23'54.4"S 79°25'22.8"W
6	PE6	<i>Echinochloa colona</i>	Salitre	1°48'42.3"S 79°47'26.11"W
7	PE7	<i>Echinochloa colona</i>	Naranjal	2°42'08.3"S 79°37'05.1"W
8	PE8	<i>Echinochloa colona</i>	Durán	2°07'31.4"S 79°46'34.4"W

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 7.**  
**Localización de poblaciones de *Leptochloa unineruia***

Nº	Identificación	Especie	Lugar	Coordenadas
1	PL1	<i>Leptochloa unineruia</i>	Daua	1°48'40.6"S 79°51'01.8"W
2	PL2	<i>Leptochloa unineruia</i>	Churún	2°32'38.0"S 79°36'41.8"W
3	PL3	<i>Leptochloa unineruia</i>	Naranjito	2°10'34.8"S 79°23'04.8"W
4	PL4	<i>Leptochloa unineruia</i>	Milagro	2°04'23.1"S 79°37'56.0"W
5	PL5	<i>Leptochloa unineruia</i>	El Triunfo	2°17'16.3"S 79°27'44.2"W
6	PL6	<i>Leptochloa unineruia</i>	Salitre	1°48'37.8"S 79°50'25.1"W
7	PL7	<i>Leptochloa unineruia</i>	Naranjal	2°08'08.5"S 79°38'24.8"W
8	PL8	<i>Leptochloa unineruia</i>	Durán	2°06'38.3"S 79°48'55.2"W

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 1.**  
**Ubicación de poblaciones de *E. colona* y *L. uninervia***



**Nota:** *Echinochloa colona*: puntos azules; *Leptochloa uninervia*: puntos rojos  
**Elaborado por:** El Autor, 2025

#### **Bioensayo 1**

Identificar mediante un screening las poblaciones de *Leptochloa uninervia* y *Echinochloa colona* con mayor tasa de sobrevivencia a tres herbicidas empleados en el cultivo de arroz aplicados a dosis de etiqueta.

Las semillas fueran recolectadas se identificadas por población y especie, fueran aisladas en un ambiente controlado (invernadero), por consecuencia, se sembraron en bandejas germinadoras de 160 cavidades. Una vez alcanzaron su etapa de plántula y obtuvieron entre una y dos hojas desarrolladas, acto seguido se transplantaron a las macetas (cuatro plántulas por maceta) cuando se presentaron entre tres y cuatro hojas completamente expandidas, es importante mencionar que se pretendió trabajar con ocho poblaciones, pero las poblaciones de Guale (#1) y Manajá (#7) no evidenciaron germinación de ambas especies, por esto se trabajó solo con las seis poblaciones restantes de ambas especies.

Luego de un intervalo de 12 días después del trasplante, fueron pulverizadas con bomba de mochila y la dosis comercial recomendada por el fabricante, se utilizó como equipo boquilla de abanico de T3 B002, calibrado para un gasto de 200 L ha<sup>-1</sup> junto con surfactante no iónico a una concentración de 0.1% (1 cm<sup>3</sup> litro<sup>-1</sup>) y un regulador de pH siguiendo las recomendaciones del fabricante. Posterior a ello

se realizaron riegos periódicos de 200 ml de agua cada 48 h, lo que mantuvo el sustrato hidratado.

Se evaluaron las siguientes variables:

- **Fitotoxicidad (% de daño foliar):** Evaluada a los 14 DDA mediante escala visual.
- **Tasa de supervivencia (%):** Registrada a los 21 DDA.

Los datos se analizaron mediante ANOVA (análisis de varianzas) para identificar diferencias significativas entre poblaciones, lo que permitió clasificar los biotipos de *E. colona* y *L. univervia* en resistentes o susceptibles a propanil, propafl, pirbenzoxim.

### Bioensayo 2

**Análisis dosis-respuesta de biotipos de malezas *L. univervia* y *E. colona* sospechosos de resistencia a herbicidas empleados en arroz.**

A partir de los biotipos de *Echinochloa colona* y *Leptochloa univervia* identificados en el screening inicial, se realizó un ensayo de dosis-respuesta con Propanil a dosis crecientes. Las plantas se desarrollaron en sustrato suelo: turba: arena (2:1:1) hasta alcanzar de tres a cuatro hojas, momento en que se aplicó el herbicida mediante pulverización calibrada (200 L ha<sup>-1</sup>, boquilla Tj-8002). Las variables para analizar son:

**Altura de planta:** Se determinó la altura de las malezas mediante una regla graduada, la cual se expresó en centímetros (cm), que se tomó previo a las aplicaciones de los herbicidas. Por consecuencia, a los 5, 14 y 21 días después de la aplicación de los tratamientos, como referencia se midió desde el suelo hasta el ápice de la primera hoja completa extendida, evaluando un dato por maceta y siempre a la misma planta que fue seleccionada de forma aleatoria desde un inicio.

**Daño visual o fitotoxicidad:** Se evaluaron respuestas a las dosis crecientes de los productos aplicados, tomando como referencia el porcentaje de fitotoxicidad, el cual dice que con la ausencia del efecto del herbicida y el 100% es muerte completa de la maleza, se empleó la escala propuesta por la Asociación Latinoamericana de Malezas en 1974 (Tabla 8).

**Tabla 8.**  
**Escala de la Asociación latinoamericana de malezas.**

Porcentaje	Grado de control
0-40	ninguno o Pobre
41-60	Regular
61-70	Suficiente
71-80	Buena
81-90	Muy buena
91-100	Excelente

Fuente: Asociación Latinoamericana de Malezas, 1974.

**Tasa de sobrevivencia de la maleza:** Para obtener los resultados de esta variable, las malezas (que fueron expuestas a las herbicidas, dado que se determinó a los 21 días las plantas sobrevivientes por cada ocasión a partir del número de brotes vivos respecto al total de plantas tratadas con las dosis, se manejó la unidad de porcentaje (%). De modo que se tomaron en consideración aquellas malezas controladas y presentan síntomas generales de marchitamiento, clorosis y necrosis, sin tener ningún tipo de renegación en la planta.

**Biomasa área por población a partir del peso fresco:** Se inició por determinar el peso fresco de la parte aérea, posterior a la cosecha en el invernadero a los 21 DDA. Para este caso se utilizó un serrucho para cortar la parte aérea de todas las plantas al ras del suelo y de forma inmediata se procedió a cuantificar el peso fresco. Por ende, las muestras ya cortadas fueron introducidas a bolsas de papel y trasladadas a una estufa a 65 °C para su desecación hasta peso constante por tiempo de 72 horas y se determinó el peso seco, para este estudio se estableció en gramos con la ayuda de una balanza de 0,001 mg de exactitud.

Se utilizó el software GraphPad Prism v10,0, ajustando un modelo log-logístico para calcular:

- $LD_{50}$  (dosis letal media)

El Índice de Resistencia (IR) se determinará como:

- $IR = LD_{50} (\text{población resistente}) / LD_{50} (\text{susceptible})$

#### **Determinación de índice de Resistencia (IR)**

A partir de los datos de sobrevivencia y producción de biomasa, se aplicó un modelo log-logístico mediante el software GraphPad Prism con el propósito de estimar la dosis letal media ( $LD_{50}$ ). Posterior a ello, se determinó el índice de

resistencia (R) a través de la relación entre  $DL_{50}$  de las poblaciones sospechosas a resistencia (R) y la  $DL_{50}$  correspondiente a las poblaciones susceptibles (S). La interpretación de los resultados estableció que valores de R superiores a 2.5) en conjunto con la sobrevivencia de individuos expuestos a la dosis recomendada del herbicida, constituyeron evidencia suficiente para clasificar a la población como resistente.

### **Bioensayo II**

#### **Caracterización metabólica por citocromo P450a monooxigenasa de biotipos de las malezas seleccionadas como sospechosas de resistencia.**

Este bioensayo tuvo como objetivo definir la posible existencia de sinergismo entre el/los herbicida(s) seleccionados (Perosulfam, Propanil, Piribenzoxon) y malathion, lo que presume que elevó el porcentaje de mortalidad de los biotipos que presentan resistencia si esta estuvo condicionada por detoxificación. En ese sentido, al evaluar el inhibidor de citocromo P450a (malathion) se mejorará el control de las poblaciones resistentes al/los herbicida(s) ya mencionados.

Se establecieron cuatro tratamientos, el tratamiento Control de dosis con y tres tratamientos (2x, 4x y 8x) con dosis crecientes del herbicida. La aplicación del inhibidor del citocromo P450a (malathion) se realizó seis horas antes de la aplicación del herbicida, se usaron dos dosis de 1000 g y 2000 g  $La^{-1} ha^{-1}$ . En el mismo día, ambos grupos de tratamiento fueron pulverizados con dosis crecientes de el o los herbicidas seleccionados con resistencia y susceptibles, se utilizó la misma metodología y equipos empleados en los ensayos anteriores. Este manejo garantiza condiciones óptimas de crecimiento durante el desarrollo del ensayo, permitiendo evaluar la respuesta fisiológica y de sobrevivencia de las plantas bajo los diferentes tratamientos.

#### **Evaluación de variables del estudio**

- Altura de planta
- Daño visual o fitotoxicidad
- Tasa de mortalidad de la maleza
- Biomasa área por población a partir del peso fresco

### 3.2.5 Análisis estadístico

#### 3.2.5.1. Bioensayo 1

Este ensayo se llevó a cabo mediante un experimento factorial en un diseño completamente aleatorizado que constó de los siguientes factores:

- 6 poblaciones de *Echinochloa crusgalli*
- 6 poblaciones de *Leptochloa unitermis*

Se propuso identificar las poblaciones presumiblemente R y S. Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con un tratamiento a dosis conercial con cuatro repeticiones por población incluido una repetición como testigo sin aplicación de herbicida, cada repetición contuvo cuatro macetas y cada maceta cuatro plantas, con un total de 84 individuos asignados por tratamiento/población. Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico de ANOVA y las comparaciones se realizaron mediante una prueba de diferencias de Tukey al 5%.

#### 3.2.5.2. Bioensayo 2

Para el segundo bioensayo, se utilizaron los datos de sobrevivencia de las plantas, altura vegetal, fitotoxicidad y biomasa fresca aérea. A partir de esas variables, se construyeron curvas dosis-respuesta para los tres herbicidas evaluados mediante un modelo de regresión no lineal de tipo log-logístico. El análisis se efectuó con el software GraphPad Prism v10.00.

Los valores de  $DL_{50}$  y  $GR_{50}$  se estimaron con base en los parámetros de la ecuación propuesta por Seefeldt et al. (1995), la cual describe la respuesta de control de la planta en función de la dosis del herbicida aplicada.

$$Y = C + \frac{D - C}{\left[ 1 + \left( \frac{X}{DL_{50}} \right)^b \right]^{1/h}}$$

En este modelo, la variable  $Y$  correspondió a la respuesta evaluada, como porcentaje de control o peso fresco, mientras que  $X$  representó la concentración del herbicida. El parámetro  $C$  definió la asíntota del límite inferior y  $D$  correspondió al límite superior o a la respuesta media en ausencia del herbicida. Por otra parte, el parámetro  $b$  representó la pendiente de la curva,  $DL_{50}$  se definió como la dosis capaz de generar el 50% de la respuesta de la variable analizada.

Con el propósito de verificar la calidad de ajuste del modelo, se examinó la variación del error y se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Adicionalmente, se aplicaron pruebas  $F$  ( $\alpha = 0.005$ ) para evaluar los parámetros de los modelos

ajustados entre las poblaciones susceptibles y resistentes a los herbicidas estudiados:

Cada población tuvo cuatro repeticiones experimentales, y cada unidad experimental estuvo conformada por cuatro macetas con cuatro plantas por unidad, equivalente de 16 individuos por tratamiento. Para finalizar, los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y las comparaciones de las medias se efectuaron mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia.

### 3.2.5.3. Bioensayo 3

Y como tercer ensayo se utilizó un DCA con cuatro tratamientos que consistieron en el herbicida y malathion 1000g y 2000 g y un testigo sin herbicida. Se emplearon cuatro repeticiones por tratamiento, cada repetición consistió de cinco macetas que fueron una unidad experimental, cada maceta tuvo de cuatro plantas, siendo evaluados 80 individuos por tratamiento de poblaciones R y una S. Los datos se sometieron a un análisis estadístico de ANOVA y se realizaron comparaciones mediante una prueba de Tukey al 5%.

### 3.2.5.2. Hipótesis estadísticas

#### Hipótesis del factor A

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre las 7 dosis de los herbicidas probados en poblaciones *Echinochloa colima* y *Lectochloa amurensis*

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre algunas de las 7 dosis de los herbicidas probados en poblaciones *Echinochloa colima* y *Lectochloa amurensis*.

#### Hipótesis del factor B

H<sub>0</sub>: No hay diferencia en las dosis mayores a la del fabricante entre los biotipos resistente y susceptible a los herbicidas Penoxsulam, Propanil, Pflibenzolam.

H<sub>1</sub>: Existe diferencia en las dosis mayores a la del fabricante entre los biotipos resistente y susceptible a los herbicidas Penoxsulam, Propanil, Pflibenzolam.

#### Hipótesis de interacción AXB

H<sub>0</sub>: El efecto de las dosis de los herbicidas sobre las dosis mayores a la del fabricante es independiente de los biotipos (no existe interacción)

H<sub>1</sub>: La relación entre dosis comercial y dosis superior influye entre los biotipos resistente requiere dosis superiores y para alcanzar la misma letalidad que el susceptible.

## 4. RESULTADOS

4.1. Identificación mediante un screening las poblaciones de *Leptochloa uninteria* y *Echinochloa colona* con mayor tasa de sobrevivencia a tres herbicidas empleados en el cultivo de arroz aplicados a dosis de etiqueta.

### 4.1.1 Efectos de herbicidas en la fitotoxicidad de poblaciones de *Echinochloa colona*

La siguiente tabla presenta los resultados de fitotoxicidad en las poblaciones de *Echinochloa colona* en la tablage ANOVA a una vía donde la fuente de variación fue la población. Al considerar los efectos sobre la fitotoxicidad, se determinaron diferencias significativas entre las poblaciones ( $P < 0.001$ ).

En la tabla 9 se da a conocer que los herbicidas aplicados a las cinco poblaciones tuvieron un efecto fitotóxico considerable en las poblaciones que se estudian, sin embargo, una población tuvo una reacción contraria, se evidenció una respuesta diferente entre poblaciones frente a las dosis recomendadas por el fabricante o etiqueta.

Tabla 9.

#### ANOVA de la variable fitotoxicidad de *Echinochloa colona*

F.V.	Gl	CM	F	p-valor
Población FA	5	808.52	477.16	<0.0001
Población FE	2	180.16	105.34	<0.0001
Población FA*Herbicida FB	10	707.81	454.04	<0.0001
Error	54	1.69	-	-
TOTAL	71	-	-	-

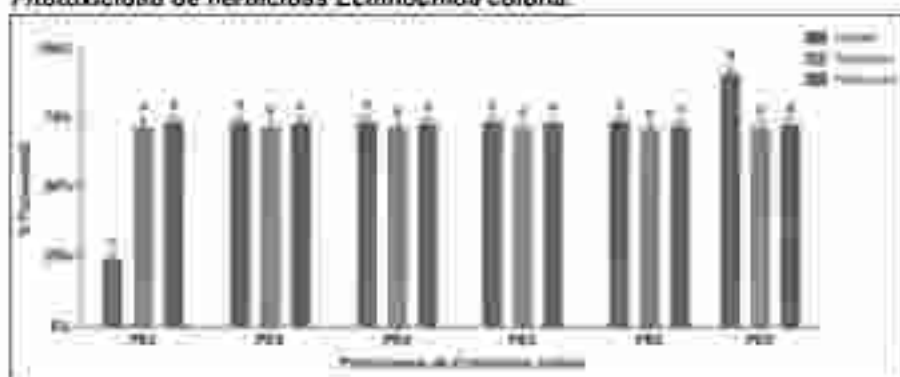
Nota: Gl=grados de libertad, CM=cuadrado medio, F= Valor de la probabilidad (H) la prueba de F.

Elaborado por: El Autor, 2026

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de comparación de medidas Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Los autores representan la respuesta promedio de cada población frente a los herbicidas evaluados, permitiendo identificar los grupos con comportamientos similares (Apéndice 1).

En la prueba Tukey se evidenció que la fitotoxicidad fue superior en la PEB expuesta a propanil (PRO) con un efecto del 92.26% las poblaciones PE3- PE4, PE5, PE6S con un porcentaje entre (73.25% a 71.50%) de todas las herbicidas, este resultado confirma la efectividad de las dosis recomendadas por el fabricante. En contraste, la población PE2 expuesta a propanil (PRO) con una fitotoxicidad de 20% siendo esta con un menor valor.

**Figura 2.**  
**Fitotoxicidad de herbicidas *Echinochloa colona*.**



**Nota:** Valores promedio de fitotoxicidad (%) de siete poblaciones de *E. colona* de distintas localidades de la provincia del Guayas, sometida a los dos momentos de Propriet, Perseucon, Palmarodora. Los barras representan la media y error estándar.

**Elaborado por: El Autor, 2026**

En la figura 2 se evidenció que las poblaciones tuvieron diferentes reacciones a la dosis de los herbicidas ya mencionados, por ende, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Este comportamiento se verificó la presencia de posibles resistencias a dosis tóxicas, por lo cual representa un problema significativo para la sostenibilidad del control de malezas en los sistemas productivos donde fueron extraídas estas biotipos.

#### **4.1.2 Efectos de herbicidas en la sobrevivencia de poblaciones de *Echinochloa colona***

Para evaluar la sobrevivencia de los diferentes tratamientos, los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con el propósito de determinar la existencia de diferencias estadísticas entre tratamientos (Tabla 10).

**Tabla 10.**  
**ANOVA de variable sobrevivencia de *Echinochloa colona***

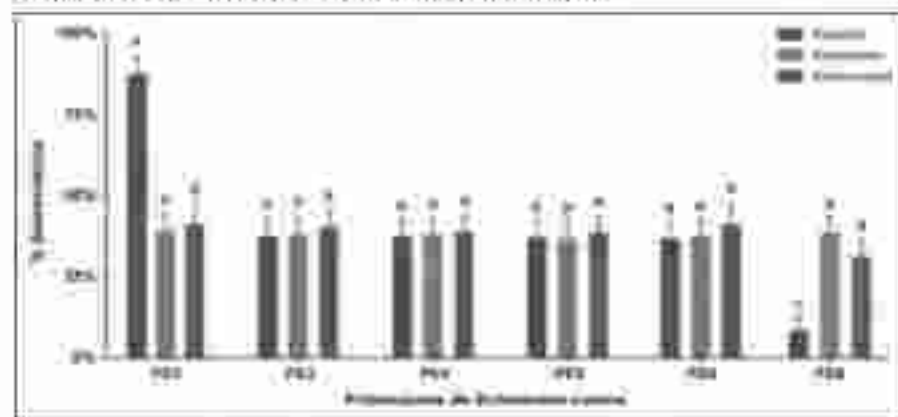
F.V.	Gl	CM	F	p-valor
Población FA	5	1094.90	14.67	<0.0001
Herbicida FB	2	263.41	2.53	<0.0362
Población FA* Herbicida FB	10	810.22	12.20	<0.0001
Error	54	74.62	-	-
TOTAL	71			

**Nota:** Gl=grados de libertad; CM, cuadrado al medio; F= valor de la probabilidad de la prueba de F.

**Elaborado por: El Autor, 2026**

En la detección de significancia estadística, se realizó una prueba Tukey. Se evidenció diferencias significativas entre tratamientos, como la población PE2 expuesta al herbicida propanil (PRO) con un porcentaje de 91.87% tuvo la sobrevivencia más alta. Los tratamientos con penoxsulam (PEN) y pirbenzoxim (PYR) mostraron reducciones intermedias entre (42% y 33%), mientras que PEB expuesta al herbicida propanil tuvo los valores más bajos, con un porcentaje de 8.34%.

**Figura 3:**  
**Sobrevivencia a herbicidas en *Echinochloa colona*.**



**Nota:** Valores promedio de sobrevivencia (%) de cada población de *E. colona* de las localidades de la provincia de Oaxaca, sometida a la acción comercial de Propanil, Penoxsulam, Pirbenzoxim.

**Elaborado por: El Autor, 2025**

#### 4.1.3 Efectos de herbicidas en la fitotoxicidad de poblaciones de *Leptochloa unineria*

Luego de tener los datos respectivos se los ingresó en una base estadística de donde como resultado en la tabla de análisis de varianza (Tabla 11).

**Tabla 11.**

##### **ANOVA de variable fitotoxicidad de *Leptochloa unineria***

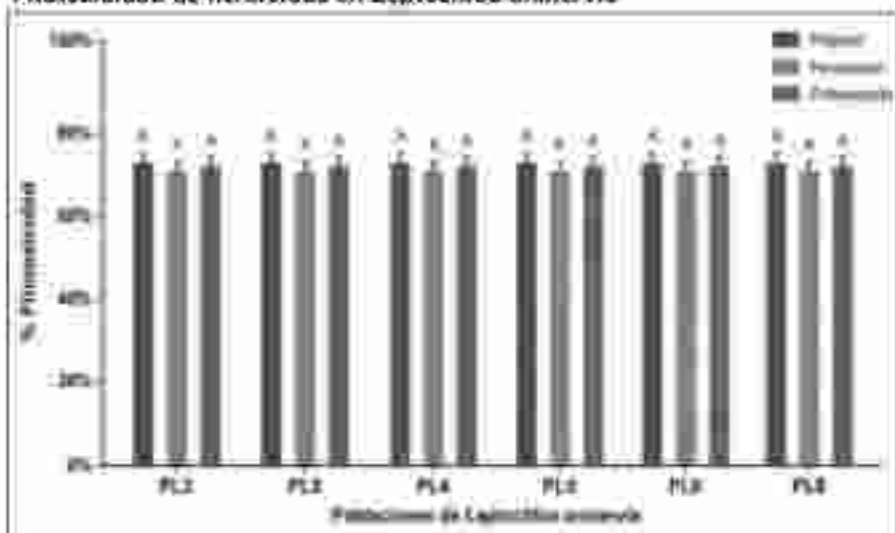
F.V.	Gl	CM	F	p-valor
Población FA	5	1.23	0.77	<0.5777
Herbicida FB	2	3.79	2.37	<0.1028
Población FA* Herbicida FB	10	0.30	0.25	<0.9898
Error	54	1.00	-	-
TOTAL	71			

**Nota:** D= grados de libertad, CM= cuadrados medios, F= Valor de la probabilidad de la prueba de F

**Elaborado por: El Autor, 2026**

En la tabla de ANOVA se mostró resultados que existencia diferencia entre los biotípos aplicados con los herbicidas, se tomó en cuenta que el testigo es una base comparativa por la cual tiene una fitotoxicidad menor. Para ello se realizó una prueba estadística con los datos, se utilizó la prueba Tukey (0,05).

**Figura 4.**  
**Fitotoxicidad de herbicidas en *Leptochloa unineris***



Nota: Valores promedio de Fitotoxicidad (%) de cada población de *L. unineris* de 100 individuos de la provincia del Guayas, sometida a la dosis comercial de Propanil, Fenoxaprop, Fluazifop.

Elaborado por: El Autor, 2026

La figura 4 se mostró una representación de la prueba de comparación Tukey permitió agrupar las medias en un grupo. Esto dio a entender que las poblaciones de *Leptochloa unineris* denominada como grupo A, se obtuvo un porcentaje entre 73,26% y 75,5% de fitotoxicidad en las poblaciones que fueron aplicadas con los tratamientos, sin diferencia significativa entre las poblaciones que fueron aplicadas con los herbicidas.

#### **4.1.4 Efectos de herbicidas en la sobrevivencia de poblaciones de *Leptochloa unineris***

Con el fin de evaluar el efecto de la población sobre la variable sobrevivencia, se realizó un análisis de varianzas (ANOVA), el cual se utilizó un análisis que permitió determinar el existieron diferencias estadísticas significativas entre poblaciones evaluadas (Tabla 12).

**Tabla 12.**  
**ANOVA de variable Supervivencia de *Leptochloa uniuervia***

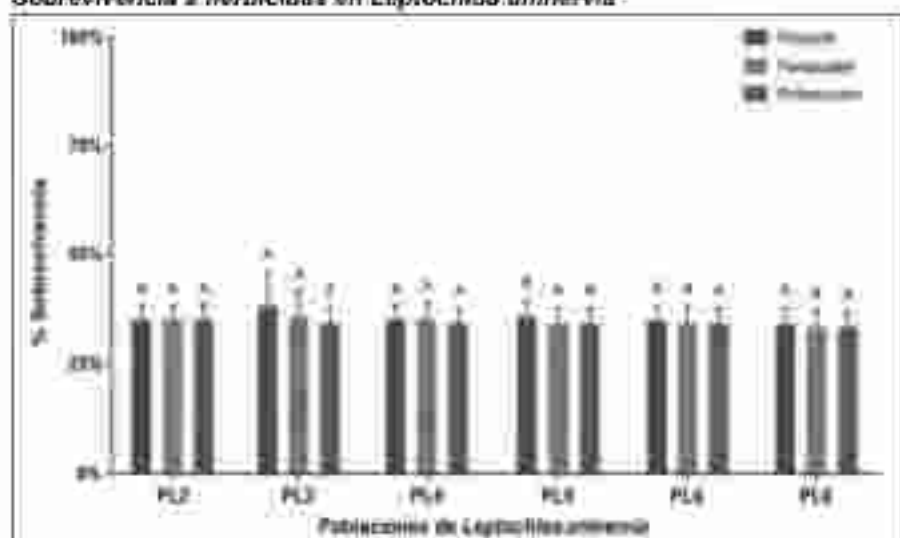
F.V.	Gl	CM	F	p-valor
Población FA	5	5.16	0.66	<0.6570
Herbicida PB	2	3.76	0.10	<0.9677
Población FA* Herbicida PB	10	1.35	0.68	<0.7365
Error	54	7.85	-	-
TOTAL	71			

Nota: Gl=grupos de testar; CM= cuadrado al medio; F= valor de la proporción de la prueba de F.

Elaborado por: El Autor, 2025

El análisis de varianza no evidenció diferencias significativas entre las poblaciones tratadas. Tras comprobar mediante ANOVA que no hubo diferencias, se realizó la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) con el objetivo de comparar las medias y determinar los grupos estadísticos.

**Figura 5.**  
**Supervivencia a herbicidas en *Leptochloa uniuervia*:**



Nota: Valores promedio de supervivencia (%) de cada población de *L. uniuervia* de las repeticiones de las aplicaciones de la premezcla de fluazifopiridat, comparada a la dosis control de Piropanil, Piroxifenoxil, Piroxifenoxil.

Elaborado por: El Autor, 2025

#### 4.2 Análisis dosis-respuesta de biotipos de malezas *L. uniuervia* y *E. colona* sospechosos de resistencia a herbicidas ampicilados en arroz.

El estudio consideró la evaluación de dos especies de malezas; sin embargo, dado a los resultados del Bioensayo uno, se refleja que las poblaciones de *Leptochloa uniuervia* evidenciaron control eficaz por los herbicidas evaluados y mostraron alta uniformidad en la respuesta.

En consecuencia, se seleccionó población identificada como PEZ del ensayo uno de la especie *Echinochloa colona* como posiblemente resistente (R) al herbicida Propanil, habiendo mostrado los valores más en bajos en fitotoxicidad y más altos en sobrevivencia e identificadas como PEZ-PRO (R).

En cuanto a la evidencia del objetivo uno, fue posible definir que una población es demasiado susceptible (S) siendo identificada como PEB, mostró una alta fitotoxicidad y baja sobrevivencia, siendo esta la que tuvo mayor mortalidad a la tasa comercial del herbicida e identificada como PEB-PRO (S).

#### 4.2.1 Altura de planta de poblaciones de *Echinochloa colona*

En cuanto a la variable altura, (% respecto al control sin herbicida) evidenció la existencia de diferencias significativas entre las poblaciones de *Echinochloa colona* identificadas como PEZ-PRO (R) y PEB-PRO (S), así como entre los días después de la aplicación (DDA) de Propanil.

Estos resultados indican que las poblaciones evaluadas, dieron respuestas diferentes en su crecimiento, con una variabilidad biológica entre las poblaciones ante el tratamiento aplicado.

Así mismo, el efecto significativo de los DDA, lo cual refleja que la altura de planta se vio influenciada por el tiempo transcurrido durante la toma de datos (Tabla 13).

**Tabla 13.**

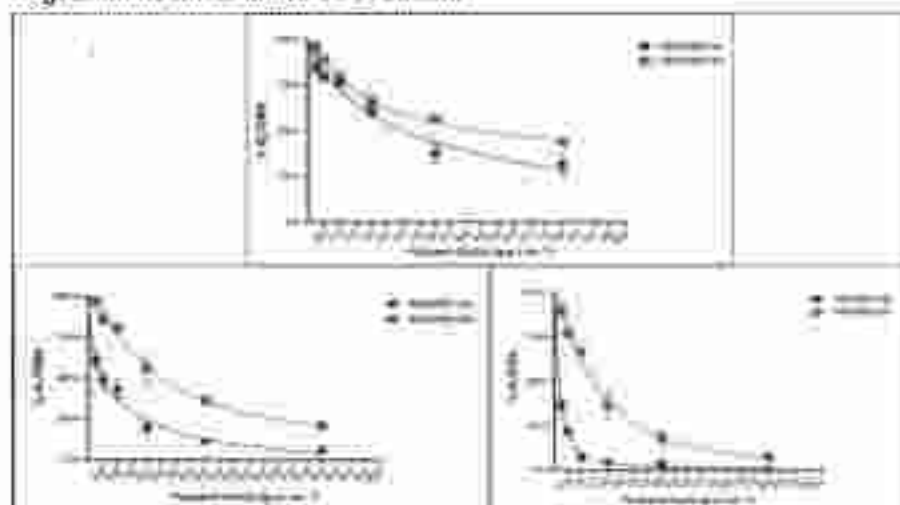
#### **Regresión no lineal de *Echinochloa colona* (%).**

Condición	Población	D (%)	C (%)	B	$D_{50} = (g (L/L) D^{-1})$	R <sup>2</sup>	R
RESISTENTE	PEZ-PRO (R)	95.84	4.054	1.330	1.545	0.9948	0.47
SUSCEPTIBLE	PEB-PRO (S)	99.88	-0.2821	1.327	0.1631	0.9998	1

**Nota:** El modelo ajustado fue:  $Altura\ de\ planta\ (\%) = C + (D - C) / (1 + (x/D)^B)$ . Donde D= dosis superior de la respuesta C= línea inferior de la respuesta, B= pendiente de la curva, X= dosis del herbicida g/L,  $(L/L)^{-1}$  y  $D_{50}$  es la dosis que produce el 50% del efecto de control.  $R^2$  = coeficiente de determinación a la dosis máxima.

**Elaborado por: El Autor, 2024**

**Figura 6:**  
**Regresión no lineal altura de *E. colera***



**Nota:** Porcentaje de herbicida en poblaciones de *E. colera* para frente a la dosis recomendada de propanil (50%), ha. Los símbolos representan los datos medidos y las líneas de entar corresponden a el ajuste matemático de la moda (EEN).

**Elaborado por:** El Autor, 2026.

Los resultados de la población PES-PRO(S) mostraron diferencias muy significativas, lo que confirmó su condición de susceptible frente a la determinada población resistente PES-PRO(R). En contraste, la población resistente manifestó una disminución progresiva del crecimiento conforme aumentó la dosis aplicada, efecto que además estuvo asociado con la interacción entre dosis y los días posteriores a la aplicación (S, 14, 21, DDA), sobre el valor del testigo sin herbicida como se aprecia en la Figura 6.

#### **4.2.2 Daño por fitotoxicidad**

Según control mediante escala visual, se determinó que a los 14 días de la aplicación de las distintas dosis evaluadas la escala de ALAM hubo diferencias que fueron explicados por la interacción de población x dosis. En este sentido, quedó demostrado el efecto del herbicida en la dosis creciente que fueron aplicadas en las accesiones seleccionadas como susceptible PES-PRO (S). Este resultado indicó que la respuesta al herbicida no fue homogénea entre poblaciones, sino que dependió del nivel de dosis aplicada, lo que sugiere variabilidad en la sensibilidad al ingrediente activo. En la población susceptible P6 (Durán) se observó que la dosis de (14X) 1022g/ha. ha. fueron suficientes para alcanzar entre el 51% de

control, valor categorizado como 'Suficiente' según la escala de ALAM. Cuando se aplicó la tasa comercial del herbicida (multiplicada), el control superó el 75% de control, clasificado como 'Bueno' según la escala de ALAM. La dosis más alta evaluada (8X) 1651.2 g (a. ha<sup>-1</sup>) produjo los mayores niveles de control, alcanzando 97% y 98%, lo que constituyó los valores máximos registrados entre las poblaciones. En contraste, la aplicación con sensibilidad diferencial PZ (Churuta) requirió incrementos sustanciales en la dosis para alcanzar niveles de control comparables. En estos casos, fue necesario aplicar entre cuatro y ocho veces la tasa comercial (8256g (a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente) para obtener un control clasificado como 'Suficiente'. No obstante, incluso a la dosis máxima evaluada el control alcanzó únicamente 75% clasificado como 'Bueno', lo que indica una menor eficacia biológica del herbicida (Tabla 14).

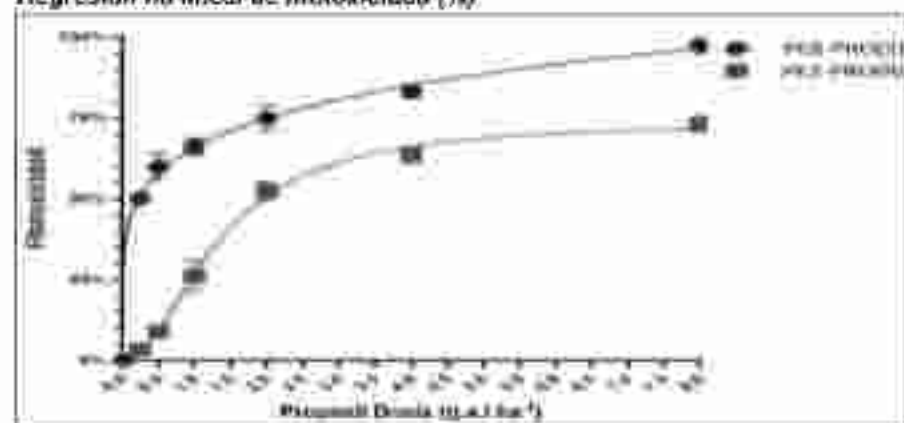
**Tabla 14.**  
**Regresión no lineal de respuesta de fitotoxicidad por propanil.**

Condición:	Población	D <sub>50</sub> (%)	D <sub>50</sub> (g (a. ha <sup>-1</sup> ))	B	D <sub>50</sub> (g (a. ha <sup>-1</sup> ))	R <sup>2</sup>	IR
RESISTENTE	FEJ-PONTO	0.1443	12.81	1.062	1.340	0.9726	1.8
SUSCEPTIBLE	FEJ-PONTO	0.019	27.1	0.9478	0.628		1

**Nota:** Efecto fitotóxico, escala de ALAM, evaluado de 0% (0%) cuando 0 mm y 100 es máxima total de la planta. El modelo ajustado fue:  $\text{Fitotoxicidad (\%)} = C + (D-C) / (1 + D_0^b / x^b)$ . Donde D= límite superior de la respuesta C= límite inferior de la respuesta B= pendiente de la curva, b= índice del Hill (a. ha<sup>-1</sup>) y L= dosis necesaria para producir el 50% de control.

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 7.**  
**Regresión no lineal de fitotoxicidad (%)**



**Nota:** Efecto fitotóxico, escala de ALAM, evaluado de 0% (0%) cuando 0 es efecto nulo a 100 es mortalidad de la planta. El modelo ajustado fue:  $\text{Fitotoxicidad (\%)} = C + (D-C) / (1 + D_0^b / x^b)$ . Donde D= límite superior de la respuesta C= límite inferior de la respuesta B= pendiente de la curva b= índice del Hill (a. ha<sup>-1</sup>) y L= dosis necesaria para producir el 50% de control.

Elaborado por: El Autor, 2026

### 4.2.3 Tasa de sobrevivencia de la maleza

La relación entre las dosis crecientes de Propanil y la mortalidad de las plantas posteriores a la aplicación permitió determinar la dosis letal media ( $DL_{50}$ ), la cual reveló que la mortalidad de las poblaciones susceptibles estaba condicionada a las dosis.

Por consiguiente, la población PE8-PRO(S) evidenció una  $DL_{50}$  = 1,001 g (i.a) ha<sup>-1</sup> de propanil, respectivamente. Caso contrario, la población PE2-PRO (R) evidenció resistencia y evidenció muy baja mortalidad, la cual obtuvo una  $DL_{50}$  de 19,83 g (i.a. ha<sup>-1</sup>). En conjunto, la población clasificada como resistente mostró una marcada reducción en la mortalidad a dosis bajas. Los biotipos PE2-PRO (R) dio un valor considerable al de las poblaciones susceptibles, y presentaron índice de resistencia (IR) de 19,34 en comparación con PE8-PRO (S) (Tabla 16).

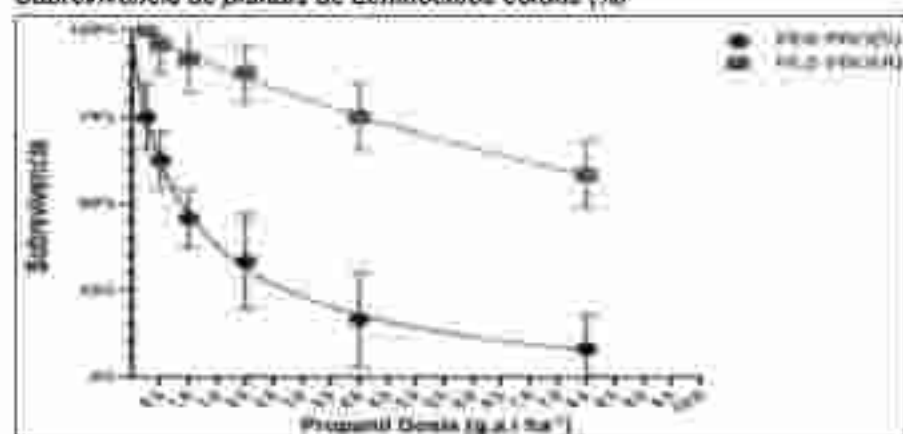
**Tabla 15:**  
**Regresión no lineal de mortalidad por propanil (%).**

Condición	Población	DM	CM	R	$-DL_{50} (g (i.a) ha^{-1})$	R <sup>2</sup>	IR
Resistente	PE2-PRO (R)	100,0	-41,26	0,9688	19,83	0,9917	19,34
Susceptible	PE8-PRO (S)	100,0	-39,44	0,8714	1,001	0,9998	1,00

**Nota:** El modelo estudiado fue mortalidad (%) =  $C \times ((D-C_0) / (C_0 + D))^{b_1}$ . Donde D= Dosis superior de la respuesta C= (límite inferior) de la respuesta b<sub>1</sub>= pendiente de la curva X= dosis del herbicida (g (i.a) ha<sup>-1</sup>) y C<sub>0</sub>= dosis necesaria para producir el 50% de respuesta (mortalidad).

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 8:**  
**Subvivencia de plantas de *Echinochloa colona* (%).**



**Nota:** Subvivencia de poblaciones resistentes y susceptibles de *E. colona* expuestas a dosis crecientes de Propanil, evaluadas a los 21 días después de la aplicación. Las barras representan el error estándar de la media y su tamaño depende del número.

Elaborado por: El Autor, 2026

#### 4.2.4 Biomasa aérea por población a partir del peso fresco de *Echinochloa colona*

Se evidenció que las poblaciones inspeccionadas e resistentes presentaron una menor sensibilidad al herbicida, lo que se tradujo en una reducción menos pronunciada de la biomasa en comparación con sus respectivos controles sin aplicación. El índice de resistencia (IR) confirmó que fue necesario incrementar considerablemente la dosis del herbicida en determinadas poblaciones para alcanzar un efecto equivalente al observado en la población susceptible. En caso de PES-PRO (R) se necesitó aumentar la dosis a 8x para que tuviese un efecto similar a la población PES-PRO (S) con una dosis de 1x de la dosis. En femines generales, las poblaciones clasificadas como resistentes requirieron incrementos entre cuatro y ocho veces la dosis de Propanil para alcanzar niveles de reducción de biomasa similares a los observados en las poblaciones susceptibles (Tabla 16).

Tabla 16:

**Modelo dosis-respuesta de biomasa aérea fresca (%)**

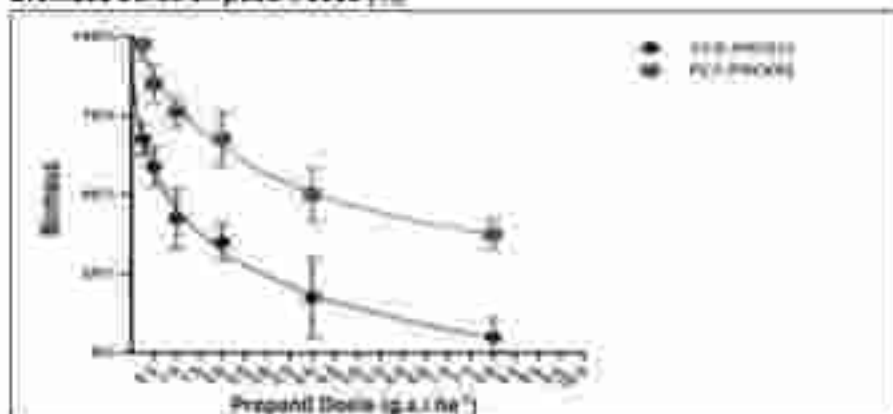
Condición	Población	D %	C %	B	DL <sub>50</sub> (g a.l./ha)	RS	IR
RESISTENTE	PES-PRO(R)	100	14.84	0.0005	2.856	0.0002	1.0
SUSCEPTIBLE	PES-PRO(S)	100	58.18	0.3184	3.288	0.0002	1.00

**Nota:** El modelo ajustado fue:  $\text{Peso fresco (\%)} = C - (D - C) / (1 + e^{(DL_{50}/D)})$ . Donde D= dosis superior de la respuesta, C= límite inferior de la respuesta, B= parámetro de la curva X= dosis de herbicida (g a.l./ha) y **OR50**= dosis necesaria para reducir al 50% del peso fresco de la población.

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 9:

**Biomasa aérea en peso fresco (%)**



**Nota:** Datos resultantes de producción de biomasa aérea (peso fresco, % respecto al control sin herbicida) de la población E. colona resistente y susceptible a Propanil, 21 DGA. Las barras representan 1 error estándar de la media y se ajustaron por las tres variaciones.

Elaborado por: El Autor, 2026

### **Hipótesis del Factor A**

Los resultados obtenidos permitirían aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1A$ ), evidenciando diferencias significativas entre las siete dosis evaluadas de los herbicidas en las poblaciones de *Echinochloa colona*.

Este comportamiento confirma que la respuesta de las malezas está directamente influenciada por el nivel de dosis aplicado, observándose variaciones en la eficacia de control conforme aumenta la concentración del herbicida. Por tanto, la dosis constituye un factor determinante en la respuesta biológica de las especies estudiadas.

### **Hipótesis del Factor B**

Los resultados permitirían aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1B$ ), demostrando la existencia de diferencias significativas entre los biotipos resistente y susceptible frente al herbicida Propanil.

En particular, los biotipos resistentes presentaron una menor sensibilidad a los tratamientos herbicidas, requiriendo dosis superiores a la recomendada comercialmente para alcanzar niveles de control comparables a los observados en los biotipos susceptibles. Estos resultados evidencian una respuesta diferencial asociada a la condición de resistencia de los biotipos evaluados.

### **Hipótesis del Factor Interacción A x B**

Los resultados permitirían aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1AB$ ), confirmando la existencia de una interacción significativa entre la dosis del herbicida y el biotipo. Esto indica que el efecto de las dosis no fue uniforme entre los biotipos resistente y susceptible, sino que dependió de la condición biológica de cada población.

El análisis de la interacción mostró que el incremento de la dosis produjo respuestas diferenciales, observándose que los biotipos resistentes requieren concentraciones considerablemente mayores para alcanzar porcentajes de control o mortalidad equivalentes a los obtenidos en los biotipos susceptibles.

Este comportamiento constituye evidencia de una reducción en la sensibilidad a los herbicidas evaluados y confirma que la magnitud de la respuesta al tratamiento está condicionada simultáneamente por la dosis aplicada y por el nivel de resistencia presente en las poblaciones estudiadas.

### 4.3. Caracterización metabólica por citocromo P450s: monooxigenasa de biotipos de las malezas seleccionadas como sospechosas de resistencia.

En el bioensayo (3) se exponen los resultados obtenidos a partir del proceso de recolección y análisis de datos del bioensayo (2), en función de las variables establecidas en el estudio. Los resultados se presentarán mediante tablas y análisis estadísticos que permitan evidenciar los comportamientos de cada variable, así como la relación existente entre ellas. Esta sección se limita a la exposición objetiva de los hallazgos.

#### 4.3.1 Altura de planta

Las mediciones se realizaron desde el día cero (previo a la aplicación, establecido como referencia un 100%, hasta el día 21DDA; el registro inicial permitió homogeneizar las unidades experimentales y expresar los resultados posteriores en términos relativos al crecimiento inicial. (Tabla 17).

Tabla 17.

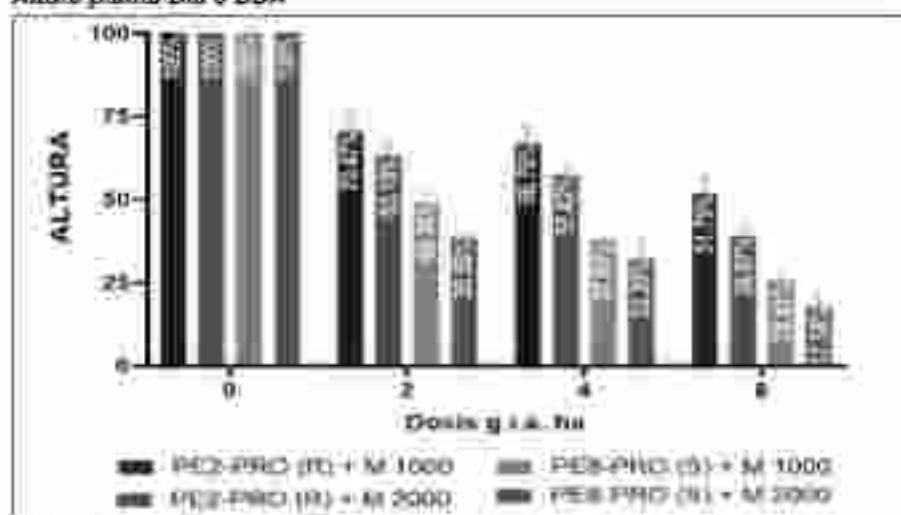
#### ANDEVA de altura de planta día 21 DDA (%).

F.V.	gl	CM	F	p-valor
Pollinosis FA	2	114.2	24.42	<0.0001
Herbicidas FB	3	14098.47	3283.70	<0.0001
Insecticida FC	1	607.33	133.80	<0.0001
Pollinosis FA* Herbicidas FB	3	76.28	14.18	<0.0001
Pollinosis FA* Insecticida FC	1	112.23	24.81	<0.0001
Herbicidas FB* Insecticida FC	3	175.44	36.38	<0.0001
Pollinosis FA* Herbicidas FB* Insecticida FC	2	48.56	10.45	<0.0001
Error	48	4.88		
TOTAL	53			

Nota: CM= Cuadrados Medios; CM, cuadrados al medio; F= Valor de la probabilidad de la prueba de F

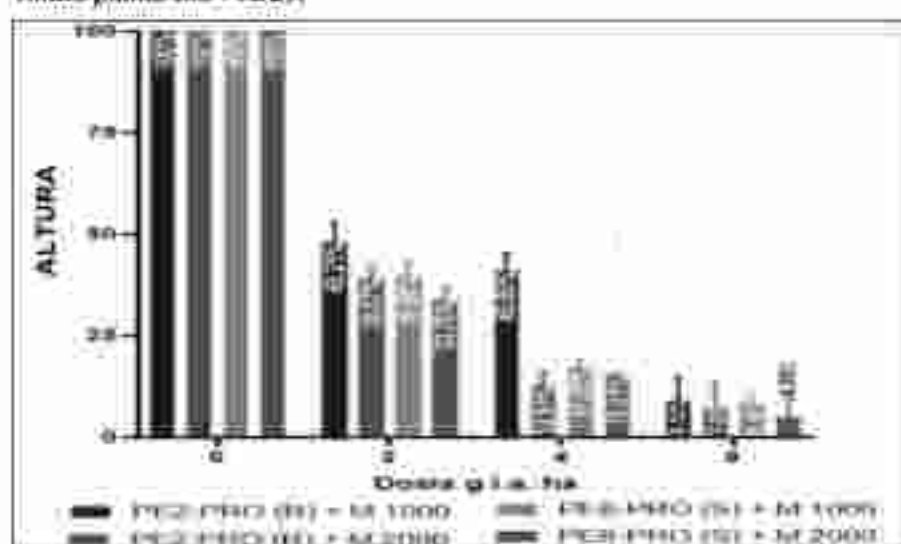
Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 10.  
Altura planta Día 6 DDA



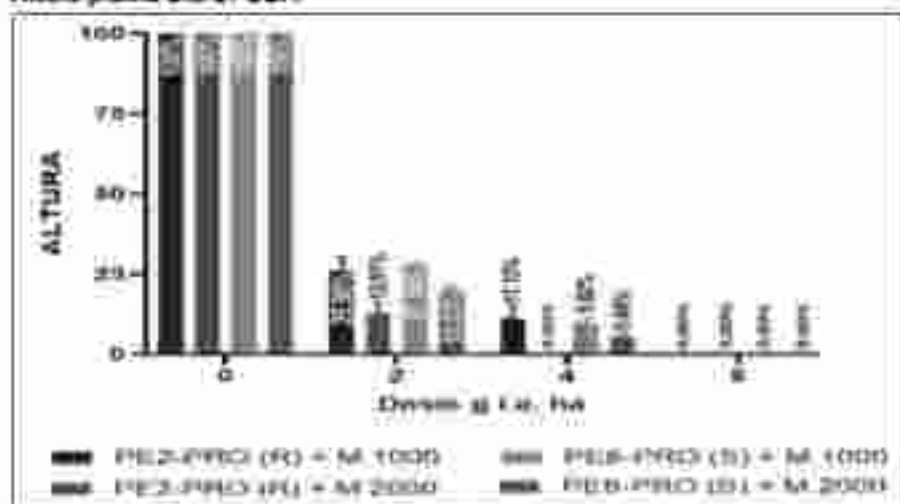
Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 11.  
Altura planta Día 14 DDA



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 12.**  
**Altura planta Día 21 DDA**



Elaborado por: El Autor, 2026

Se evaluó la variable altura de planta en la unidad (%), expresada en milímetros con el testigo, el cual presentó un valor máximo (100%), siendo este una referencia del crecimiento normal en ausencia de tratamientos.

Entre los tratamientos evaluados, los mejores valores se registraron en dosis bajas. En la población susceptible PEB-PRO (S) + M 1000g en las dosis 2X (27.36%), seguida por PEB-PRO (S) + M 2000g con dosis: 2X (19.83%) y 4X (10.67%). En cuanto a los valores moderados, se encontraron en tratamientos PEB-PRO (S) + M 1000g con dosis 4X (8.82%) y en el tratamiento PEB-PRO (S) + M 2000g con dosis: 4X (5.49%) y 8X (1.99%). Por último, los valores más bajos se encontraron en los tratamientos PE2-PRO (R) + M 1000g y 2000g en la dosis más alta que en 8X tuvo un porcentaje del 0%.

#### 4.3.2 Fitotoxicidad

La variable fitotoxicidad evaluada en la unidad (%) mostró diferencias marcadas entre tratamientos y poblaciones (PE2-PRO (R) Y PEB-PRO (S)) junto con las dosis M 1000g y M 2000g. El tratamiento Testigo registró un valor de 0.00%, lo que presentó ausencia de daño, por eso se lo comparó con los demás tratamientos. Al contrario del resto de los demás tratamientos que presentaron niveles elevados de fitotoxicidad (Tabla 18).

**Tabla 18:**  
**ANDEVA de fitotoxicidad Día 14 DDA**

F.V.	gl	CM	F	p-value
Población (A)	1	179.34	179.34	<0.0001
Herbicida (B)	3	55993.00	56765.00	<0.0001
Insecticida (C)	1	110.28	112.68	<0.0001
Población (A) * Herbicida (B)	3	48.23	48.33	<0.0001
Población (A) * Insecticida (C)	1	1	1.00	<0.0001
Herbicida (B) * insecticida (C)	3	15.75	16.08	<0.0001
Población (A) * Herbicida (B) * Insecticida (C)	3	0.01	0.01	<0.0001
Error	28	0.98		
TOTAL	33			

**Nota:** Gl=Grados de libertad, CM: Cuadrado Medio, F= Valor de la probabilidad de la prueba de F.

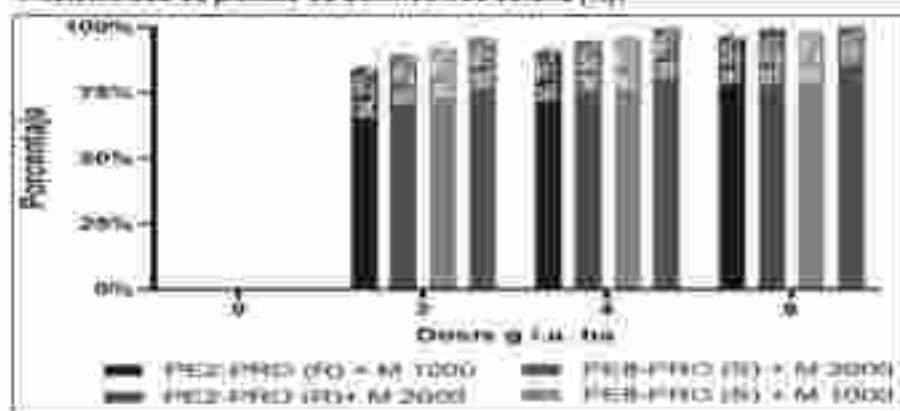
**Elaborado por: El Autor, 2026**

La figura 13 da a conocer que se obtuvieron valores máximos en la población Susceptible (PE8-PRO (B)) bajo dosis medias y altas. El tratamiento 8X PE8-PRO (B) + M 2000 g alcanzó un valor de 100%; seguido por tratamientos de la misma población, pero con menor dosis que arrojaron valores que oscilaron entre 98.50% y 99.25%.

Por otra parte, se logró valores elevados los cuales se ubican en los tratamientos de PE2-PRO (R) + M 2000 g, como resultado se obtuvo que 4X (94.50%), y el tratamiento PE6-PRO (B) + M 1000 g con dosis 4X (95.75%).

Por último, el tratamiento y la dosis que obtuvieron un porcentaje con el porcentaje más bajo fue PE2-PRO (R) + M 1000 g con dosis 2X con un porcentaje de fitotoxicidad de (84.25%).

**Figura 13:**  
**Fitotoxicidad de plantas de *Echinochloa colona* (%)**



**Elaborado por: El Autor, 2026**

### 4.3.3 Tasa de sobrevivencia de la maleza

La variable sobrevivencia evaluada de manera de (%) evidenció resultados con diferencias muy significativas entre las poblaciones PE2-PRO (R) y PE8-PRO (B) bajo las distintas combinaciones de dosis y mezclas con malathion 1000g y Malathion 2000g (Tabla 19).

**Tabla 19:**  
**ANDEVA de sobrevivencia**

F.V.	g	CM	F	p-valor
Piraxifen FA	2	1793.21	46.21	<0.0001
Herbaticida EB	2	30291.78	786.21	<0.0001
mezclados EC	2	838.04	21.19	<0.0001
Población (R)* Herbaticida EB	2	285.03	7.39	<0.0001
Piraxifen FA* mezclado EC	2	0.04	1.25-00	<0.8728
Herbaticida EB* mezclado EC	2	289.54	7.41	<0.0001
Población (R)* Herbaticida EB * mezclado EC	2	52.49	1.36	<0.4702
Error	48	37.94		
TOTAL	62			

**Nota:** g: grados de libertad; CM: cuadrado medio; F: Valor de la probabilidad; (p) prueba de F.

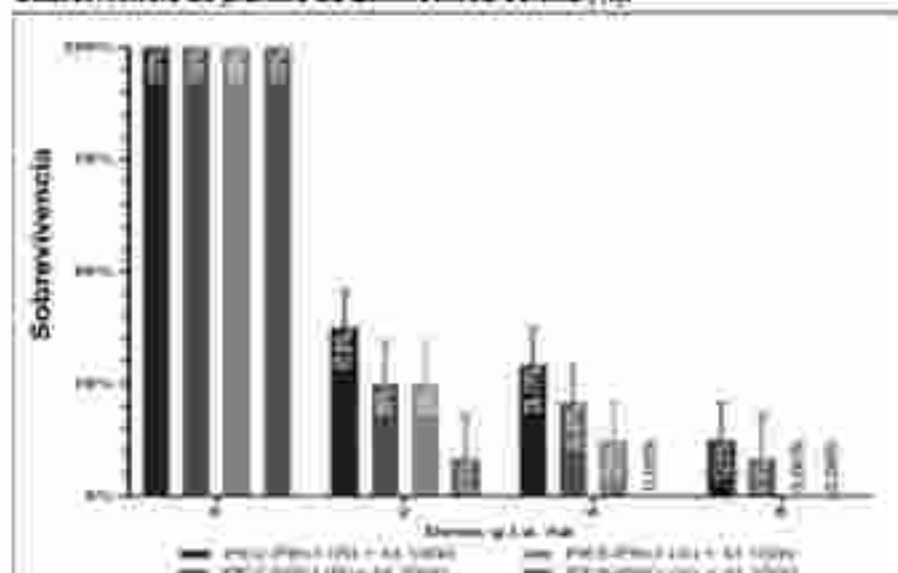
**Elaborado por: El Autor, 2026**

En base a la figura 14 el testigo es lo tomé como referencia con un valor máximo de 100%, siendo este una base de comparación para los demás tratamientos. En base a ellos los tratamientos con aplicación muestran una reducción progresiva de la mortalidad en función del incremento de dosis y del tipo de población.

En la población PE2-PRO (R), los mayores porcentajes de mortalidad se observaron en las dosis más bajas. El tratamiento con la dosis 2xg de Piraxifen + Malathion 1000g alcanzó 37.50%, siendo este el valor más alto entre los tratamientos.

Los niveles promedio de utilización en los tratamientos 4xPE2-PRO (R) +M con una mortalidad de 20.83%, observando un declinamiento conforme aumentaron las concentraciones. Como última observación tenemos a la población PE8-PRO (B) mostraron una respuesta más inmadura a la dosis. En los tratamientos de menor concentración, como 2xPRO (S) +M 1000g que obtuvo 25%, mientras que 4xpro (B) + M 1000g disminuyó a 12.50%. Sin embargo, a partir de dosis medias y altas combinadas con M 2000g, se registraron valores de 0% de mortalidad. Como se observa en la figura 14,

**Figura 14.**  
**Sobrevivencia de plantas de *Echinochloa colona* (%).**



Elaborado por: El Autor, 2025

#### 4.3.4 Biomasa seca por población a partir del peso fresco.

Para evaluar la variable Biomasa seca a partir del peso fresco se utilizó la unidad (%) para tener una mejor proyección de los resultados de los tratamientos PFE2-PRD (R) Y PFE2-PRD (S) bajo las distintas combinaciones de dosis y mezclas con Metathion 100g y Malathion 200g (Tabla 20).

**Tabla 20.**  
**ANDEVA de biomasa en peso fresco.**

	F.V.	SS	CM	F	p-valor
Población (A)	1	1860.24	1860.24	<0.0001	
Hibridación (B)	3	29274.13	2927.40	<0.0001	
mezcladura (C)	1	1102.58	110.26	<0.0001	
Población (A) * Hibridación (B)	3	541.72	18.05	<0.0001	
Población (A) * mezcladura (C)	1	2077.48	107.88	<0.0001	
Hibridación (B) * mezcladura (C)	3	476.25	15.87	<0.0001	
Población (A) * Hibridación (B) * mezcladura (C)	3	255.61	25.56	<0.0001	
Error	48	3.85			
TOTAL	60				

Nota: Grupos de la tabla, CM: cuadrado al medio; F: valor de la probabilidad de la prueba en F

Elaborado por: El Autor, 2025

En la figura 11 se muestra que el testigo presentó el valor máximo de biomasa (100%) constituyó como referencia del crecimiento normal sin aplicación de herbicida. Todos los tratamientos evaluados mostraron disminución de la biomasa respecto al testigo.

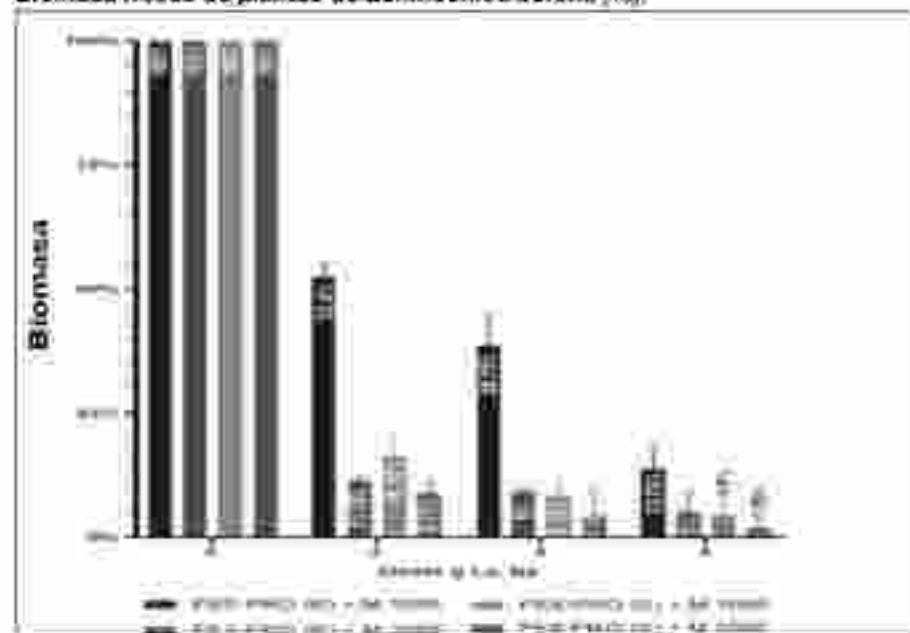
Entre los tratamientos con aplicación, los mayores valores se registraron en la población resistente PE2-PRO (R) + M 1000g bajo dosis bajas, como: 2X (50,78%), 4X (40,48%) y 8X (34,62%). En los resultados se observó que sin bajo aplicación, la población resistente, mantuvo una proporción considerable de biomasa en comparación con el testigo.

En los valores aceptables se consideró la población PE3-PRO (S) + M 1000g con dosis: 4X (31,68%) y 8X (26,31%), en cuanto a la población PE2CH-PRO (R) + M 2000g con dosis: 2X (26,81%) y 4X (21,50%).

Para finalizar, los valores de biomasa con los valores más bajos se registraron en la población y altas combinaciones de M 2000g. El tratamiento 2X presentó un valor de (19,57%), 4X (11,85%) y el valor con el porcentaje más bajo es del tratamiento 8X con 2,35%.

Figura 15.

*Biomasa fresca de plantas de Echinochloa zolana (%)*



Elaborado por: El Autor, 2026

## 5. DISCUSIÓN

En respuesta a los objetivos planteados en este trabajo, el desarrollo de cada uno de los biotipos aporta información significativa al evidenciar la sensibilidad diferencial a los herbicidas mencionados en la investigación, que manifiestan varias poblaciones de la maleza *Echinochloa colona* y *Leptochloa unguis-vestiti* estudiadas en la provincia del Guayas, Ecuador. En este sentido, el desarrollo de estos experimentos desde la recolección de semillas en campos de arroz, screening mediante las acepciones tomadas al azar, las respuestas similares entre las repeticiones de cada población, dosis-respuesta para evaluar el nivel de resistencia y susceptibilidad de los biotipos y evaluar el nivel de sinergismo con metazolin. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Pinaupa et al. (2022), quienes desarrollaron estudios en poblaciones de *Echinochloa colona* recolectadas en campos arroceros de Tailandia, mediante ensayos dosis-respuesta orientados a determinar niveles de resistencia y evaluar la eficacia de diferentes herbicidas.

Respecto a la transferencia de las plántulas a macetas, facilita el control experimental, la distancia entre individuos y la aplicación uniforme de los herbicidas durante los diferentes ensayos, lo que permite reducir factores que puedan distorsionar los resultados. De manera similar, estos resultados concuerdan con lo aportado por Hagnama y Mianan (2020) quienes describen la modificación de biotipos de semillas maduras de *Echinochloa crus-galli* en diferentes regiones de Irán y Turquía. Asimismo, señalan que después de la germinación, las plántulas son transferidas a macetas con suelo proveniente de arrozales y posteriormente tratadas con herbicidas en la etapa de tres y cuatro hojas para evaluar la respuesta de los biotipos.

Por otra parte, en el estudio se evidencia poca susceptibilidad en las poblaciones evaluadas, lo cual puede ser relacionado con las prácticas de monocultivo de arroz desarrolladas durante varias décadas en determinadas zonas del Ecuador, en especial la provincia del Guayas, así como el uso continuo de herbicidas con el mismo modo de acción y la limitada adaptación de estrategias de manejo integrado de malezas. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Jamil et al. (2024), quienes describen la resistencia en las poblaciones de malezas, e asocia con mutaciones fisiológicas, consideradas una de las principales causas del desarrollo de resistencia. Asimismo, los variables evaluadas en este estudio muestran

comportamientos particulares que podrían atribuirse a procesos fisiológicos complejos y, en ciertos casos, específicos de cada población resistente.

Dados los resultados estadísticos en el screening nos revela que una población de *Echinochloa colona* tuvo como resultados altos en la variable sobrevivencia y en fitotoxicidad muy bajos, valores similares al de su testigo, catalogada como sospechosa a resistente y otra población que tuvo un resultado contrario al anterior clasificándose como sospechosa a susceptible. En cuanto a la especie *Leptochloa vivipera* el cual tuvo resultados positivos frente a las dosis comerciales de los herbicidas aplicados.

Para obtener una clasificación más precisa, se realiza un ensayo de dosis-respuesta que incluye siete dosis diferentes, considerando el testigo. Los resultados muestran una alta supervivencia de la población evaluada, permitiendo clasificarla como resistente. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Fuentes et al. (2025) los cuales describen que *Echinochloa colona* había desarrollado resistencia a herbicidas. En dicho estudio, la mezcla fue sometida a dos tratamientos y a un ensayo de dosis-respuesta para corroborar la sospecha de resistencia, obteniéndose controles deficientes (<70%), lo que evidenció la presencia de biotipos resistentes.

Los índices de resistencia (IR) determinados para la variable fitotoxicidad concuerdan con la variable de mayor interés del estudio, la sobrevivencia, evaluada una semana después de la aplicación. Estos resultados guardan relación con lo reportado por Azara et al. (2025), quienes evidenciaron resistencia mediante ensayos de dosis-respuesta basados en la variable fitotoxicidad y demostraron que la aplicación de una dosis equivalente a diez veces la dosis recomendada del herbicida permitió detectar de manera más clara la presencia de resistencia.

Las accesiones que presentaron la mayor sobrevivencia, incluso bajo las dosis más altas evaluadas, corresponden a FE2-PRO. Asimismo, estas accesiones muestran un menor estado de fitotoxicidad y una menor afectación en las demás variables evaluadas, lo que refuerza su clasificación como resistentes.

En el presente trabajo, las seis poblaciones evaluadas evidencian una tasa de sobrevivencia superior al 70 % frente a Propanil. Entre ellas, la población FE2 presenta los mayores niveles de resistencia, mostrando una alta producción de biomasa aérea y una elevada sobrevivencia tras la aplicación del herbicida.

Estos resultados ponen de manifiesto que para el caso de resistencia requiere un estudio específico, debido a que factores como las condiciones ambientales, el historial de manejo del cultivo y la variabilidad entre poblaciones pueden influir en la expresión de la resistencia a un herbicida o en la aparición de resistencia cruzada. En este contexto, los hallazgos obtenidos concuerdan con lo señalado por Aljantara (2020), quien afirma que la identificación de poblaciones resistentes debe partir de estudios de campo que permitan diagnosticar las causas del problema. Asimismo, destacó que este diagnóstico es fundamental para diseñar e implementar programas de manejo de resistencia eficaces orientados a evitar el incremento de los niveles de resistencia en las poblaciones de malezas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la población PE2 de Echinochloa colona se clasifica como resistente a propanil, al presentar una alta sobrevivencia y una menor afectación por el herbicida en comparación con las demás poblaciones evaluadas. Esta población fue recolectada en campos agrícolas donde se aplica de manera continua el mismo ingrediente activo o herbicidas del mismo grupo de acción durante cinco años consecutivos, lo que sugiere que la presión de selección ejercida por el uso repetido del herbicida pudo haber favorecido el desarrollo de resistencia.

En concordancia con estos hallazgos, Samaniego y Loza (2021), en una investigación de carácter bibliográfico, mencionan que en 1991 se registró el primer caso de resistencia de Echinochloa colona a propanil en Costa Rica. Asimismo, señalan que, al evaluar siete poblaciones provenientes de sistemas agrícolas, se presentaron valores elevados de RC50 respecto a la población susceptible. Además, observaron que las poblaciones expuestas continuamente al herbicida durante 15 años desarrollan niveles de resistencia hasta ocho veces mayores, evidenciando que la aplicación repetitiva de propanil favorece la selección de biotipos resistentes.

La hipótesis general plantea que al menos una población de *Lectocytis umbrina* o *Echinochloa colona* presentaría mayor supervivencia frente a herbicidas selectivos de uso en arroz con diferentes mecanismos de acción aplicados a dosis superiores a las recomendadas. Los resultados mostraron diferencias entre poblaciones, destacándose una con mayor supervivencia. Por ello, la hipótesis se acepta, solo una población presenta el comportamiento esperado, esto sugiere posible resistencia diferencial bajo presión de selección.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Diversos estudios demuestran que los herbicidas inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (ALS), aplicados a dosis comerciales, presentan alta eficacia en el control de poblaciones de *Echinochloa unmyata* y de poblaciones susceptibles de *Echinochloa colona*. No obstante, se evidencia una disminución significativa en su efectividad sobre poblaciones que desarrollan algún grado de resistencia:

En la presente investigación, una población se clasifica como resistente (R), lo que confirma resistencia a, al menos, un herbicida inhibidor de la ALS. Los análisis realizados permiten identificar distintos patrones de respuesta. La accesión PE2 proveniente de Chumbe, corresponde a una población evaluada frente a propanil herbicida perteneciente al grupo de los inhibidores del fotosíntesis (I) (Grupo G2 según el HRAC). Los valores registrados en las variables biométricas, especialmente biomasa fresca, muestran correlación positiva con los porcentajes de sobrevivencia. En consecuencia, la población presenta un porcentaje de sobrevivencia superior al 70%, lo que confirma la existencia de resistencia al herbicida evaluado.

Los ensayos de sinergismo permiten determinar que las accesiones PE2 (R) y PE50 (S) presentan mecanismos de respuesta diferenciados, en especial en la población resistente, de tipo metabólico. La aplicación de metilalin como inhibidor del citocromo P450 (CYP450) remite de manera parcial el efecto del herbicida, con una reducción significativa de la sobrevivencia en ambas poblaciones. Este resultado evidencia la participación de procesos de detoxificación metabólica en la resistencia observada.

La relevancia agronómica de este tipo de resistencia radica en la capacidad de estos mecanismos para conferir tolerancia a herbicidas de distintos grupos químicos e incluso a moléculas no utilizadas previamente en el sistema productivo, lo que incrementa el riesgo de resistencia cruzada o múltiple.

El presente estudio constituye un reporte en Ecuador de poblaciones de *Echinochloa colona* con resistencia confirmada a herbicidas inhibidores de la ALS. Los resultados obtenidos en el ensayo de cribado (screening) evidencian el estado evolutivo actual de la resistencia en poblaciones de la provincia del Guayas.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda la implementación de un programa de Manejo Integrado de Malezas (MM) a mediano y largo plazo, que incluya imitación de modos de acción, prácticas culturales, monitoreo sistemático y seguimiento geoespacial de la dispersión de genes de resistencia en las zonas de mayor incidencia. Estas acciones contribuirán a disminuir la velocidad evolutiva de la resistencia y su impacto productivo.

La escasa rotación del cultivo de arroz en la zona arocería de la provincia del Quayas, junto con la alta presión de selección ejercida por el uso reiterado de herbicidas con el mismo modo de acción, priorizar el monitoreo y seguimiento de las poblaciones de *Echinochloa colona* localizadas en Churute, debido a que presentaron la mayor evidencia de resistencia al Propanil, con el fin de implementar estrategias oportunas de manejo y evitar la dispersión de biotipos resistentes hacia otras zonas aroceras. Presenta los mejores índices de resistencia (IR) para propanil, lo que evidencia un avanzado estado evolutivo de resistencia y resalta la necesidad urgente de implementar estrategias de manejo.

La incorporación de nuevas alternativas de control resulta imperativa para mitigar las pérdidas en rendimientos y calidad del grano, así como el incremento en los costos de producción y la degradación del suelo de la tierra. Se ha observado que la emergencia de *E. colona* en las zonas aroceras del Quayas se intensifica al inicio de la estación lluviosa (diciembre-enero), asociada al incremento de temperatura, lo que podría ser considerado en estudios futuros sobre dinámica poblacional, abundancia y dispersión.

Por último, se plantea como línea de futura investigación la secuenciación del gen ALS en las poblaciones resistentes de *E. colona* con el objetivo de identificar las poblaciones sustituciones aritméticas asociadas a resistencias TSR. Al mismo tiempo, es necesario continuar con la caracterización de biotipos y la delimitación de zonas agroecológicas con mayor presión de selección. Los reportes de pérdidas de estabilidad observadas en el campo deben ser validados mediante diagnósticos de resistencia sustentados en bioensayos convencionales y análisis moleculares, ejecutados bajo estricto rigor experimental.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, P. M. (2020, Julio 15). Lactoflisa onlinevis: Centro de investigación y tecnología agroalimentaria de Aragón. 2(3), 1-2. <https://ota-aragon.es/>
- Acavedo, M. A., Casallo, W. A., & Sarmiento, U. C. (2016). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 66(2), 151-170. <https://ve.scielo.org/>
- ADAMA. (2023). [adama.com](http://adama.com). <https://www.adama.com/>
- AGROACTIVO. (2020). [agroactivo.com](http://agroactivo.com). <https://agroactivo01.com/>
- Abarado, S. F. (2015). *Resistencia de malezas e combinaciones de diferentes herbicidas en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017, 12 de abril). Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 953. <https://www.ambiente.gob.ec/>
- Avilés, H. E., Bruno, A. O., & Escudero, S. F. (2019). El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de satisfacción. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 10-20. <http://scielo.ec/>
- Aitana, M., Kamarudin, K., & Chuang, T.-S. (2025). Preliminary investigation of multiple resistance in grasses (Eleusine indica) to pre-em of diuron and MSMA, glyphosate, clotholim, quizalofop in Malaysia. *Advances in Weed Science*, 43(1), 8. <https://doi.org/10.51894/AdvWeedSci2025.43.0001E>
- Barron, A. L. (2021). *Adaptación de cuatro variedades de arroz (Oryza sativa L.) A las condiciones agroclimáticas de moche*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo UTEQ]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uteq.edu.ec/>
- Caduna, D., Heitgott, S., Espinoza, F., Valarezo, C., Sánchez, V., & García, G. (2020). Control químico de malezas en arroz (Oryza sativa L.) en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Dialnet*, 6(2), 14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3820757>

- Carr, J., Romero, F., Prieto, F., García, M., Caño, J., Agosti, C., Vicente, R., Ramos, J., & López, C. (2023). Effect of the Nonpathogenic Strain *Fusarium oxysporum* FO12. *Plants*, 12(17), 1-16. <https://doi.org/10.3390/plants12173146>
- Cartón, E., & Quintero, I. (2016). Panorama del manejo de malezas en cultivos de boniato en el departamento de Magdalena, Colombia. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 9(2), 7-34. <https://doi.org/10.17564/mch.2015vol2.4156>
- Castaño, J. C., Robles, E. R., & Tinoco, J. C. (2022). Memorias del Curso de Actualización en el Manejo de Malezas. *XLIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza*, 1(2), 12-20. <https://sconeoma.com/>
- Catula, G. (2020). *Estudio comparativo de dos variedades de arroz (Oriza sativa L.) y el uso de ceniza de arroz en el cantón Yaguarón* [Tesis de Pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional. <https://ojs.ugraria.edu.ec/>
- Chauran, B., & Mahajan, G. (2023). Germination Pattern and Seed Longevity of *Echinochloa crusgalli* (L.) Link in Eastern Australia. *agronomy*, 13(8), 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082044>
- Chen, B., Xu, Y., Mao, H., Liu, R., Hu, X., Li, Y., & Yang, X. (2023). Inter-Species Investigation of Biological Traits among Eight *Echinochloa* Species. *Plants*, 12(17), 1-14. <https://doi.org/10.3390/plants12173086>
- Cobos, F., Córdova, J., Hasang, E., & Medina, R. (2020). Sostenibilidad del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Daule, provincia del Guayas, Ecuador. *Journal of Science and Research*, 5(4), 16. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4118460>
- Conductor, K. E., Alvarez, A., Mesgaran, M., & Khalil, K. (2024). Emergence timing of smallflower umbrella sedge (*Cyperus difformis*), barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*), and bearded sprangletop (*Leptochloa fusca* ssp. *fusiformis*) in California water-seeded rice. *Weed Technology*, 38(8), 6. <https://doi.org/10.1017/wet.2024.2>

- Constitución de la República del Ecuador. (2008, 20 de octubre). [Art. 14, Art. 83, Art. 276, Art. 400, Art. 404, Art. 409, Art. 411]. Registro Oficial 443. <https://www.defensa.gob.ec/>
- Delgado, I. R., Batista, R. M., & Martínez, M. E. (2018). Cultivos tropicales en importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz). Universidad Técnica de Manabí (UTMACH). <https://doi.org/10.78-2642-24-112-4>
- Díaz, D. (2020). Efecto de la maleza como cobertura en la fertilidad del suelo y rendimiento de nogal pecanero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(1), 125-130. <https://doi.org/10.28312/remexca.v10i1.1129>
- Domínguez, A. O. (2006). Efectos de períodos de interferencia del arroz rojo sobre el rendimiento y sus componentes en las variedades de arroz beta 10 y FONAIAP 2000. *Agronomía Tropical*, 36(1), 7-34. <https://ve.scribd.org/>
- Espinosa, J., Juárez, C., Mora, C., & Romanichik, E. (2021). Control de maleza mediante la robocap. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(4), 15. <https://www.redalyc.org/>
- Fernández, D. (2021). *Sistemas sembrados y asociados del cultivo del arroz con aplicación de abonos orgánicos, cultivos asociados agrícolas y flujo de gases de efecto invernadero*. [Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura]. Repositorio Institucional. <https://defensa.unex.es/>
- Fuentes, P. (2021). Estudio de poblaciones de *Echinochloa crus-galli* putativamente resistentes. *SEDR21*. <https://sedici.unlp.edu.ar/>
- Fuentes, P., Peñaherrera, L., Bustos, R., Raffo, L., & Yarnocan, M. (2025). First case of resistance to bispyribac-sodium in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) from Ecuador. *Advances in Weed Science*, 43(1), 10. <https://doi.org/10.51984/AdvWeedSci2025-43:00014>
- Godin, A., Conductor, K. E., & Al-Khatib, K. (2020). Bawided sprangletop (*Diplazium fasci- vsp. fasciculatum*) budding tolerance in California rice. *Weed Technology*, 34(3), 126. <https://doi.org/10.1017/wet.2019.88>

- Haghsama, K., & Mirzadi, H. (2020). Herbicide resistant barnyardgrass in Iran and Turkey. *Physis Danzha*, 38(1), 8. <https://doi.org/10.1590/PS0100-83682020380100080>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). (2017). Estado de adopción de variedades modernas y prácticas agronómicas mejoradas de arroz en Ecuador. *Revista de Ciencias e Investigación*, 2(6), 10-15. <https://www.researchgate.net/>
- Jamil, M., Ahmad, M., & Zakarati, H. (2024). Identification of SER-653-ASN mutation conferring resistance to imidazolinone in Malaysian weedy rice. *Advances Weed Science*, 42(2), 10. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2024.42-00037>
- Kawooya, R., Talwana, H., Weisale, P., & CABI. (2016). *Echinochloa colona*. *PlantwisePlus Knowledge Bank*, Vol. 3(1), 1. <https://doi.org/10.1070/pwkb.20172800535>
- Kenner, A. (2024). *Evaluación de la naturaleza de la competencia entre capin (Echinochloa colona (L.) Link) Y SOJA (Glycine max (L.) Merr) en condiciones controladas*. [Tesis de Posgrado, Universidad Tecnológica Latinoamericana en Línea UNNOBA]. Reportorio Institucional. <https://reportorio.unnoba.edu.ar/>
- Fitzhugh, J., Gunn, J., & Galwitz, M. (2021). Family guide for fruits and weeds. *Plants*, 5(2), 1-6. <https://www.delta-indkey.com/>
- Lerner, S. H., Piedrahíta, D. C., Candel, A. D., Piedrahíta, L. C., & Mosquera, F. M. (2021). Sustentabilidad de los sistemas de producción de arroz siudades dentro del sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Científica y Tecnológica UPEL*, 8(2), 84-94. <https://doi.org/10.26423/rcu.v8i2.622>
- Lizondo, R. V. (2016). *Efecto de niveles de nutrición química y kilar en la incidencia del daño del barrenador del tallo (Diatraea saccharalis) en el cultivo de arroz en la zona de Babahoyo*. Babahoyo [Tesis de Posgrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Reportorio Institucional. <http://dspace.utb.edu.ec/>
- Lluch, J. M. (2013). Cultivos herbáceos extensivos. *Universidad Politécnica de Valencia*, 1(1), 1-24. <https://gdoi.upv.es/>

- Lobo y López. (2021). Resistencia de Malezas e Hierbudas en Latinoamérica y Métodos de Manejo. *Revisión de Literatura Hortícola*. Escuela Agrícola Paracentra. Zamorano. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria Ingeniería Agronómica. <https://digital.zamorano.edu/>
- Loukovits, D., Papapanagiotou, A., & Eleftheriopoulos, I. (2024). Multiple resistance to ALS and ACCase inhibitors and auxin herbicides in late watergrass (*Echinochloa phytolopon*) populations across rice production systems in northern Greece. *Weed Science*, 72(12), 10. <https://doi.org/10.1017/wsc.2024.94>
- Mao, H., Liu, R., Hu, X., Xu, Y., Chen, B., Li, Y., & Yang, X. (2023). Intra-Species Investigation of Biological Traits among Eight *Echinochloa* Species. *Plants*, Vol. 12, 12. <https://doi.org/10.3390/plants12173088>
- Mesa, R., & Ponsa, M. (2022). Efecto de ME-DCF sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad perla en Cuba en el Municipio. *Alteia: Agróecosistemas*, 10(2), 101-108. <https://aes.pcf.edu.cu/>
- Métez, & García. (2016). Alena, "capin" *Echinochloa crus-galli* con posible resistencia a inhibidores de la acetilcoálatil sintetasa en Entre Ríos y Comentes. *Grupo Ecología vegetal y Manejo de Cultivos*, 4(3), 1-6. <https://aes.agroconsultasonline.com.ar/>
- Martini, P., Douroje, C., Pia, E., Turcs, N., & Catalá, M. (2017). *Manual de buenas prácticas en el cultivo del arroz*. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias [iiva]. <https://redviva.gva.es/>
- Mustafa, N., Tahirobolova, K., Alridwarsahb, & Baayunio, M. (2025). Agronomical performances and seed production of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to 2,4-D dimethylamine in lowland rice fields. *Advances in Weed Science*, 1(3), 13. <https://doi.org/10.51194/AdvWeedSci.2025.43.03X04>
- Oh, S., Kafi, B., Thapa, K., Bohara, M., & Bohara, B. (2022). A Review on Biology, Status, and Medicinal Importance of *Echinochloa crus-galli* L. *Matrix Science Pharma*, 3(1), 6. [https://doi.org/10.4103/mssp.mssp\\_3\\_24](https://doi.org/10.4103/mssp.mssp_3_24)

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). *Las perspectivas mundiales sobre la producción de trigo en 2025: aprietan a un posible aumento*. FAO. <https://vacunodeelito.com/>
- Panagiotis, K., Iliu, T., Anastasia, T., Ioanna, G., Panayiota, P., Ioanna, K., & Nikolaos, A. (2020). Efficacy of different herbicides on *Echinochloa oryzina* (L.) Link Control and the first case of its Glyphosate Resistance in Greece. *agronomy*, 10(7), 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071056>
- Phytoma. (2021, October 18). *El nuevo herbicida para el cultivo de arroz*. *La Revista*, 1(1), 5. <https://www.phytoma.com/>
- Pinsapa, J., Chindasul, A., & Intanon, S. (2022). Distribution and resistance of barnyardgrass to quinclorac in rice fields in Thailand. *Advances in Weed Science*, 40(2), 8. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci2022:40:00007>
- Quezada, V. (2024). *Evaluación de la respuesta agronomica a baja fertilización nitrogenada de líneas mutantes de arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Costa Rica]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.ac.cr/>
- Salguero, J., Y Rosado, A., Alvarez, P., Turriño, M., Alarcón, J., Amaro, & Casura, M. (2018). Identificación de especies de "Echinochloa" spp. en arrozales de España por medio de citometría de flujo. *Boletín de Asistencia. Consejo de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural*, 19(22), 1-7. <https://doi.org/10.4002-2275-7>
- Samsani, S., Nayak, S., Dhua, U., & Mukherjee, A. K. (2021). Genotypic-phenotypic diversity and distinctiveness among Magnaporthe oryzae isolates from rice and weed Echinochloa colatum. *Journal of Phytopathology*, 169(10), 581-596. <https://doi.org/10.1111/jph.13020>
- Sampietro, H. (2017). *Propuesta de estudio Agro socioeconómico de la adopción de semillas certificadas de arroz en el cantón Yaguachi, Provincia del Guayas*. [Tesis Pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/>

- Santibañi, D. J. (2022). Caracterización morfológica de las malezas del género *Lactuca*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo (UTB). Repositorio Institucional. <https://utb.edu.ec/>]
- Syngenta. (2020). [syngenta.com](https://www.syngenta.com.ec/). <https://www.syngenta.com.ec/>
- Urao, R., Becerra-Alvarez, A., & Al-Khatib, K. (2024). Target-site mechanism confers resistance pattern of ACCase inhibitors in bearded pricklegrass (*Lactuca flava* ssp. *fasciculata*) from California. *Weed Technology*, 36(2), 3. <https://doi.org/10.1017/wet.2024.33>
- Universidad Nacional Costa Rica (UNA). (2019). [ret.com](https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/). <https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>
- Upcorn. (2022). [upcorp.com](https://www.upcorp.com/). <https://www.upcorp.com/itio/ detalles-de-producto/propantil-48-ec>
- Wang, H., Zhang, Z., Cao, J., Li, G., & Chauran, B. (2023). Seed biology of alkali barmyardgrass (*Echinochloa crus-galli* var. *zelayensis*) and jungles ( *Echinochloa ciliosa*) for improved management in direct-seeded rice. *Weed Science*, 71(2), 112-123. <https://doi.org/10.1017/wes.2023.8>

## ANEXOS

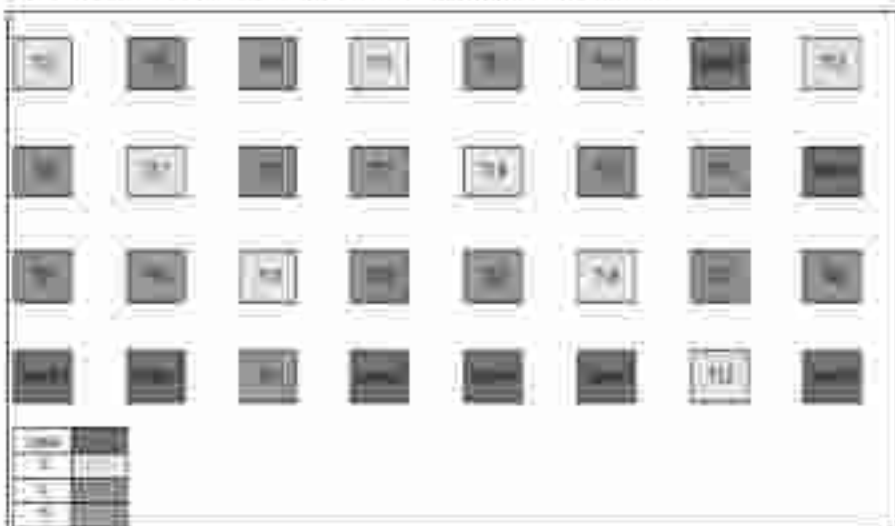
**Figura 16.**  
**Milagro, El Misionero Universidad Agraria del Ecuador**



Fuente: Google Earth, 2020

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 17.**  
**Croquis de distribución de screening *Echinocloa colona***



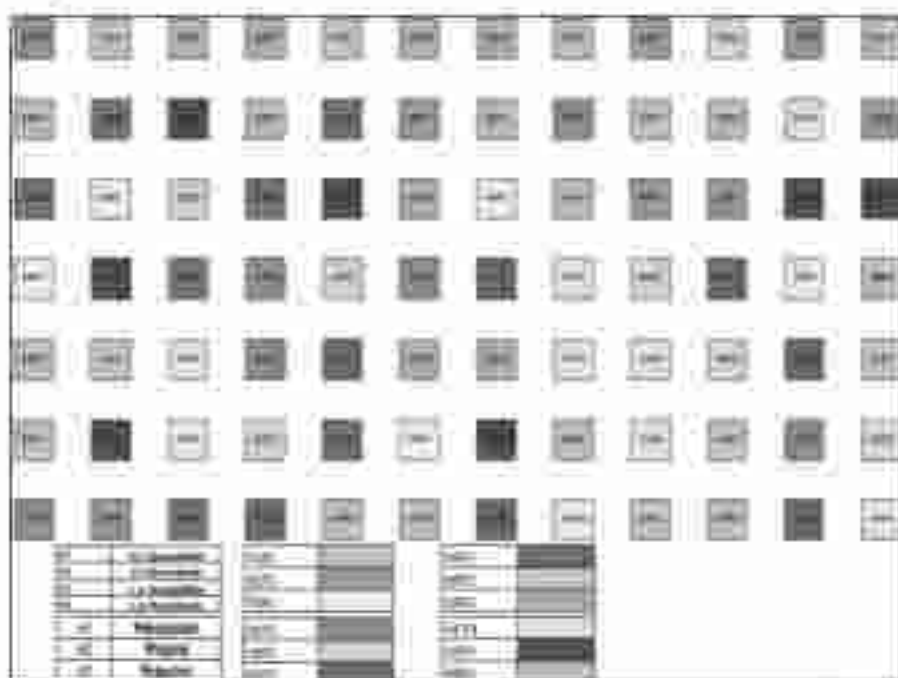
Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 18:**  
*Croquis de tratamientos con dosis crecientes.*



Elaborado por: El autor, 2026

**Figura 19:**  
*Croquis de tratamientos con dosis crecientes.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 20.**  
**Croquis de tratamientos con dosis crecientes y malathion.**



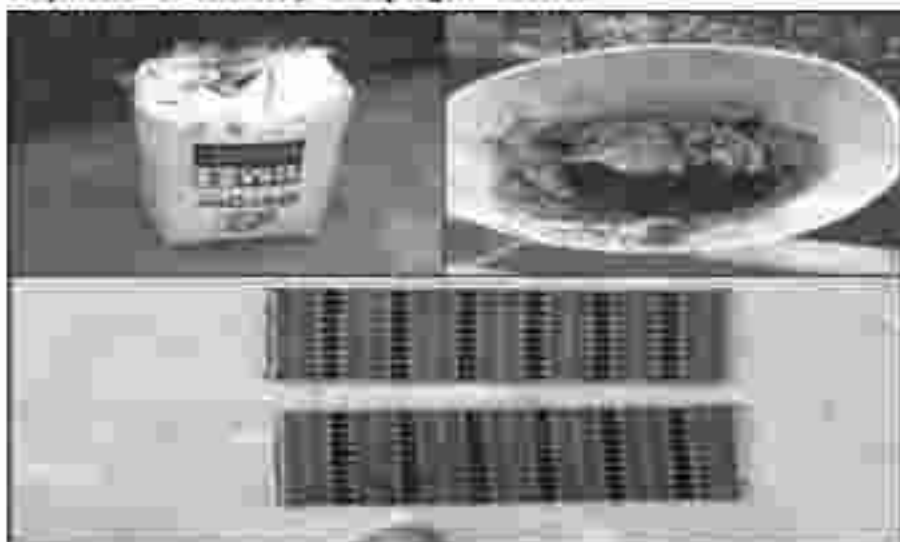
Elaborado por: El Autor, 2024

**Figura 21.**  
**Recolección de muestras en sectores arrozales**



Elaborado por: El Autor, 2024

**Figura 22.**  
*Preparación de sustrato y bandejas germinadoras.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 23.**  
*Inicio del bioensayo 1: preparación y siembra.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 24.**  
*Germinación de biotipos y preparación de macetas.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 25.**  
*Trasplante de biotipos y crecimiento semanal.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 26.**  
**Preparación de materiales para aplicación (Bioensayo 1)**



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 27.**  
**Preparación de dosis comerciales (Bioensayo 1)**



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 28.**  
*Aplicación de Dosis comerciales (Bioensayo 1)*



Elaborado por: El Autor, 2025

**Figura 29**  
*Recolección de datos después de la aplicación (Bioensayo 1).*



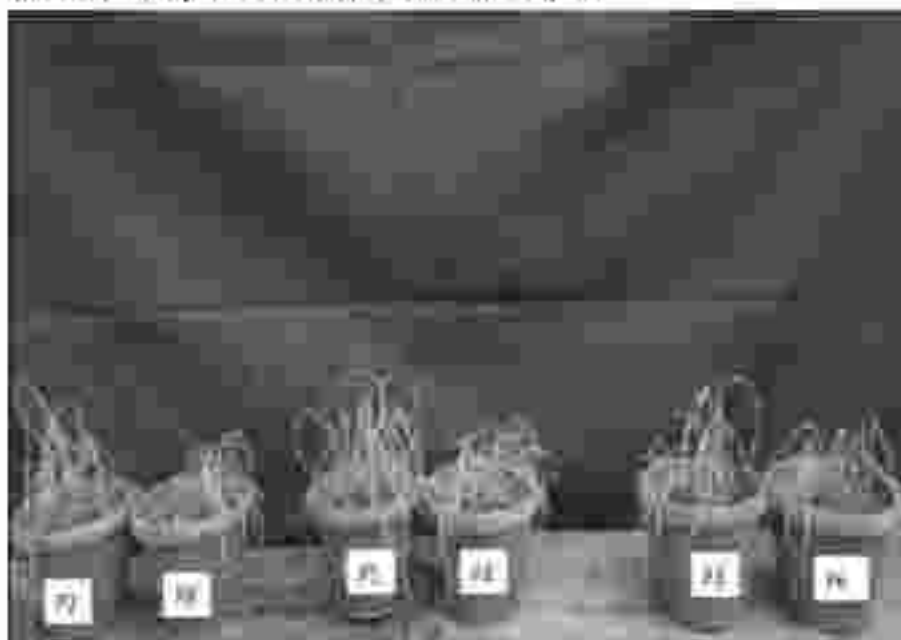
Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 30.**  
**Resultados de propusil en *Echinochloa colona*.**



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 31.**  
**Resultados de penoxsulam en *Echinochloa colona*.**



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 32.  
*Resultados de pirbenzoxim en Echinochloa colona.*



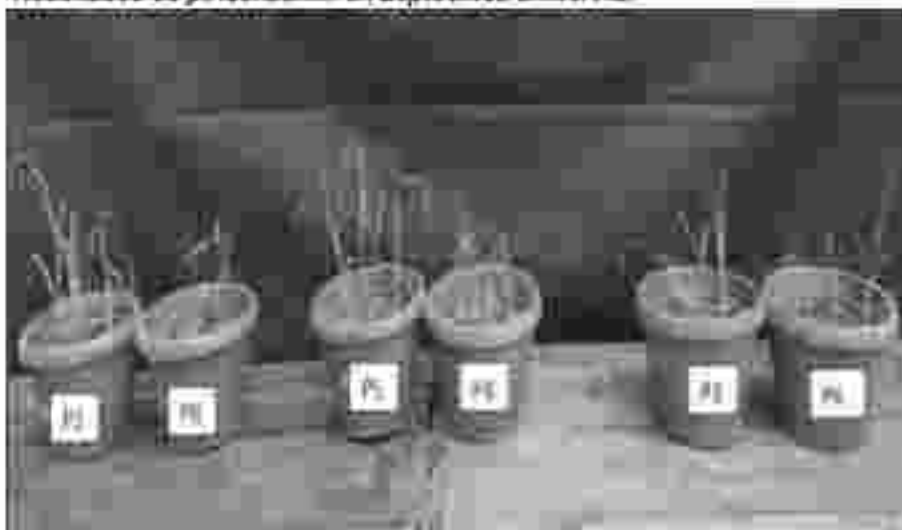
Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 33.  
*Resultados de propaquizal en Leptochloa unineris.*



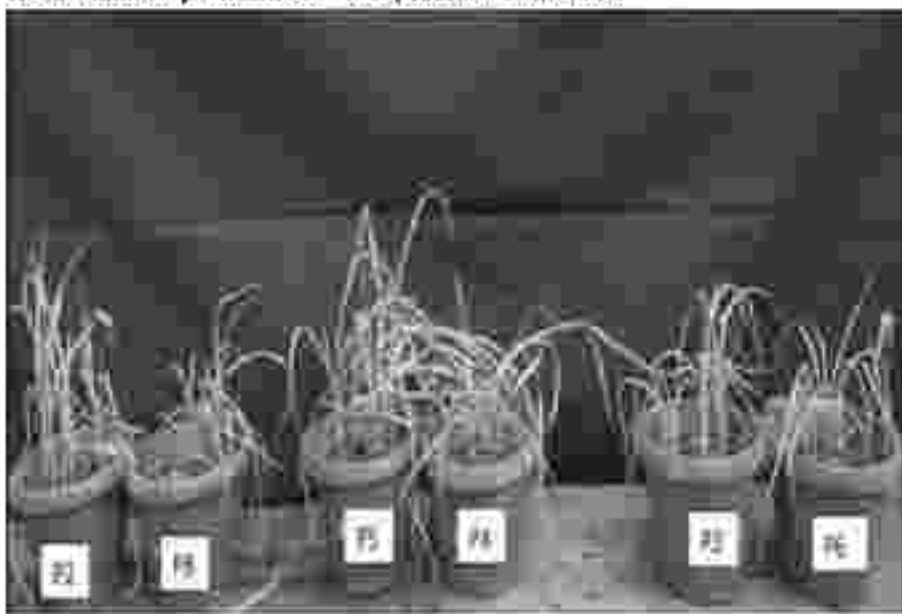
Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 34.**  
**Resultados de piribenzoxim en *Leptochloa uniovata*.**



Elaborado por: El Autor, 2025

**Figura 35.**  
**Resultados de penoxulam en *Leptochloa uniovata*.**



Elaborado por: El Autor, 2026





Figura 38.  
ANDEVA y Test Tukey fitotoxicidad en *L. uniseriata* (Bioensayo 1)

Análisis de la Varianza					
Variable	M	SE	SE <sub>1</sub>	SE <sub>2</sub>	CV
FITOTOXICIDAD % LEMNA 72	0,17	0,08	0,15		

Cuadro de Abstrato de la Varianza ISC (tipo III)					
S.V.	SC	gl	CM	F	p-valort
Modelo	17,43	17	1,02	0,45	0,9343
Poblacion FR	6,12	4	1,53	0,77	0,4777
Herbicidas FR	7,56	4	1,89	0,87	0,1008
Poblacion FR*Herbicidas FR	3,42	16	0,21	0,09	0,9098
Error	86,28	84	1,03		
Total	102,33	101			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.27266  
 Error = 1,030 gl= 84  
 Poblacion FR Herbicidas FR Medias n S.E.

P0	FEH	71,50	4	0,43	A
P8	FEH	71,50	4	0,43	A
P2	FEH	71,50	4	0,43	A
P4	FEH	71,75	4	0,43	A
P1	FEH	71,75	4	0,43	A
P3	FEH	71,75	4	0,43	A
P5	FEH	72,00	4	0,43	A
P6	FEH	72,00	4	0,43	A
P4	FEH	72,00	4	0,43	A
P8	FEH	72,00	4	0,43	A
P2	FEH	72,00	4	0,43	A
P1	FEH	72,25	4	0,43	A
P4	FEH	72,25	4	0,43	A
P8	FEH	72,50	4	0,43	A
P2	FEH	72,50	4	0,43	A
P4	FEH	72,50	4	0,43	A
P8	FEH	72,50	4	0,43	A
P1	FEH	73,25	4	0,43	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. (\*)

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 39.**  
**ANDEVA y Tukey sobrevivencia en *L. unimvris* (Blonsayo 1)**

Análisis de la variancia						
Variable	E	g°	g°	g°	CT	
<hr/>						
SOBREVIVENCIA a 1400h	72	5,18	0,00	8,10		
<hr/>						
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-val	
<hr/>						
Modelo	32,78	27	1,21	0,61	0,8729	
Población FA	28,77	5	5,75	0,60	0,2535	
Herencias FA	1,52	2	0,76	0,10	0,9077	
Población FA*Herencias FA..	33,29	10	3,33	0,65	0,7386	
Error	123,92	54	2,29			
Total	306,71	71				
<hr/>						
Test: Tukey Alfa=0.05 DM=1.35541.						
Error: 1,3554 gl: 54						
Población FA Herencias FA Media s. E.E.						
P1	FA1	37,50	± 1,40	A		
P2	FA2	35,25	± 1,40	A		
P3	FA3	30,62	± 1,40	B		
P4	FA4	35,62	± 1,40	A		
P5	FA5	33,21	± 1,40	A		
P6	FA6	34,58	± 1,40	A		
P7	FA7	34,58	± 1,40	A		
P8	FA8	34,58	± 1,40	A		
P9	FA9	34,58	± 1,40	A		
P10	FA10	34,17	± 1,40	A		
P11	FA11	34,17	± 1,40	A		
P12	FA12	33,75	± 1,40	A		
P13	FA13	33,75	± 1,40	A		
P14	FA14	33,75	± 1,40	A		
P15	FA15	33,75	± 1,40	A		
P16	FA16	33,33	± 1,40	A		
P17	FA17	33,33	± 1,40	A		
P18	FA18	33,33	± 1,40	A		
<hr/>						
Medias con una letra similar no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

Elaborado por: El Autor, 2025

**Figura 40.**  
**Toma de datos 14 días después de la aplicación**



Elaborado por: El Autor, 2024

**Figura 41.**  
**Germinación de los biotipos Ft y S, trasplante a los 15 días.**



Elaborado por: El Autor, 2024

**Figura 42:**  
*Preparación de las dosis crecientes de Propaitil (Bioensayo 2)*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 43:**  
*Aplicación de dosis crecientes a biotipos resistentes.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 44.**  
*Aplicación de dosis crecientes a biotipos susceptibles.*



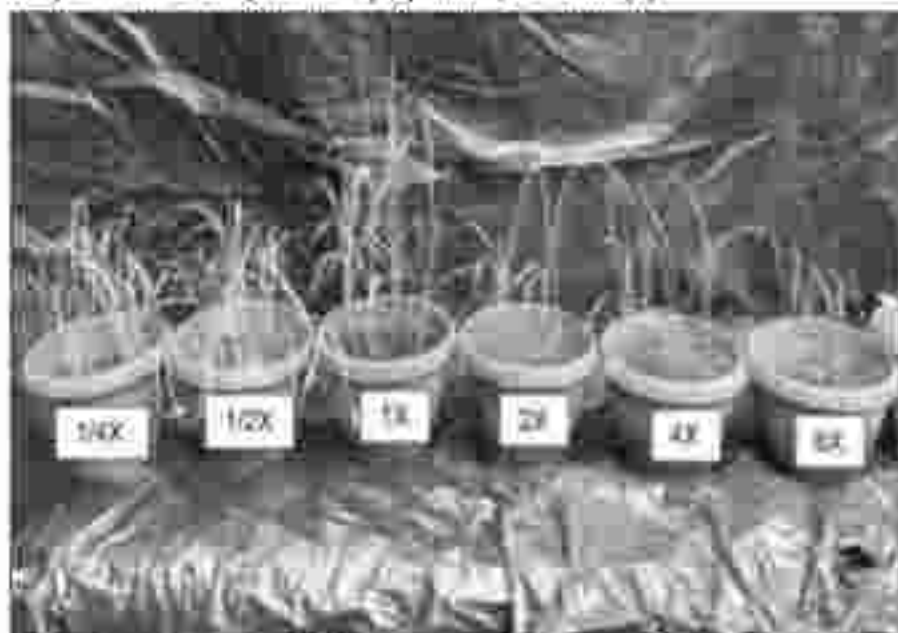
Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 45.**  
*Toma de datos a 14 días.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 46.**  
*Respuesta dosis-respuesta de propanil en E. colona (R).*



Elaborado por: El autor, 2026

**Figura 47.**  
*Resultados dosis-respuesta de propanil en E. colona (S).*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 48.**  
*Testigo de dosis-respuesta (Bioensayo 2):*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 49**  
*Inicio del bioensayo 3: siembra y sustrato.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 50.**  
*Preparación de equipos y aplicación de propanil y malathion.*



Elaborado por: El Autor, 2025

**Figura 51.**  
*Trasplante y revisión de plantas a 15 días.*



Elaborado por: El Autor, 2025

**Figura 52.**  
*Aplicación de propanil y malathion en dosis altas.*



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 53.**  
*Resultados de biotipos 14 días después de la aplicación.*



**NOTA:** A) *E. collosa* (R) (Propanil+ Malathion 1000g); B) *E. oblonga* (R) (Propanil+ Malathion 2000g)

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 54.**  
**Resultados de Propanil en dosis mayores con Malathion.**



**Nota:** A) *E. coli* (S) (Propanil+ Malathion 1000g), B) *E. coli* (S) (Propanil+ Malathion 2000g).

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 55.**  
**Foto final con Tutor Ing. Javier Mendoza Thompson.**



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 56.**  
**ANDEVA/Tukey altura de propanil y malathion (Bioensayo 3)**

Análisis de la Varianza						
Trazado	S	S <sup>2</sup>	S <sup>2</sup> D <sub>0</sub>	CV		
ALTURA Y LANCHAS 94	1,32	1,32	9,32			
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	D.F.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		18508,79	23	804,73	1432,16	<0,0001
Polaciones FA		119,12	1	119,12	21,41	<0,0001
Residuos FA		18229,41	2	9114,70	1628,78	<0,0001
Interacción F*		877,13	1	877,13	155,37	<0,0001
Residuos FA/Residuos FA..		189,52	1	189,52	34,14	<0,0001
Polaciones FA*Interacción F..		112,75	1	112,75	20,31	<0,0001
Residuos FA*Interacción F..		555,32	1	555,32	99,38	<0,0001
Polaciones FA*Residuos FA..		189,58	1	189,58	34,15	<0,0001
Error		324,97	45	7,22		
Total		19833,12	68			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.55544						
Error: s. / D.F.: gl: 47						
Polaciones FA	Residuos FA	Interacción F*	Residuos	n	P.E.	
F1	F10 0X	Malathion 2000g	0,00	4	1,00	A
F1	F10 4E	Malathion 2000g	-0,00	4	1,00	A
F1	F10 0X	Malathion 1000g	0,00	4	1,00	A
F1	F10 0X	Malathion 2000g	1,37	4	1,00	A
F1	F10 0E	Malathion 1000g	4,94	4	1,00	A
F1	F10 0X	Malathion 2000g	7,01	4	1,00	A
F1	F10 4E	Malathion 2000g	4,50	4	1,00	A
F1	F10 0X	Malathion 1000g	3,91	4	1,00	B C
F1	F10 4E	Malathion 1000g	21,12	4	2,00	C
F1	F10 0X	Malathion 2000g	19,43	4	1,00	
F1	F10 0X	Malathion 1000g	21,94	4	1,00	
F1	F10 0E	Malathion 1000g	27,54	4	1,00	
F1	TEST00	Malathion 1000g	100,00	4	1,00	
F1	TEST00	Malathion 2000g	100,00	4	1,00	
F1	TEST00	Malathion 2000g	100,00	4	1,00	
F1	TEST00	Malathion 1000g	100,00	4	1,00	
NOTA: con los datos suministrados se han determinado los siguientes niveles de diferencias $\alpha = 0,05$						

Elaborado por: El Autor, 2020

Figura 57.  
ANDEVA y Tukey de fitotoxicidad con propanil. (Bioensayo 3).

Análisis de la Varianza						
Variable	F	DF	MS	CV		
TRATAMIENTOS 8 x 4 328 44 3,32 3,00 3,28						
Cuadro de Sumas de la Varianza (SC tipo II)						
F.V.	SC	qt	CM	F	p-valor	
Replicar	20243,94	48	421,75	1379,44	0,0001	
Imidacloprid EA	171,56	4	42,89	172,30	0,0000	
Repiracloprid FE	20797,07	8	2599,63	8799,00	0,0001	
Insecticida FC	115,25	4	28,81	112,40	0,0000	
Repiracloprid EA x Insecticida FE	116,49	8	14,56	42,17	0,0001	
Imidacloprid EA x Insecticida FE	1,70	4	0,42	1,32	0,2473	
Repiracloprid FE x Insecticida FC	47,25	8	5,91	16,09	0,0001	
Imidacloprid EA x Repiracloprid FE	1,70	8	0,21	0,64	0,7542	
Error	47,00	48	0,98			
Total	20508,94	49				
Tukey-Tukey Alfa=0,05 MS=3,0793						
Error: 0,9793 p= 40						
Imidacloprid EA	Repiracloprid FE	Insecticida FC	Replicar	n	F.S.	
V1	REPI100	Nalantim 1700g	2,01	4	0,49	A
V2	REPI200	Bajathim 2000g	0,70	4	0,49	A
V3	REPI300	Nalantim 1700g	2,01	4	0,49	A
V4	REPI400	Bajathim 2000g	0,70	4	0,49	A
V5	REPI 00	Nalantim 1700g	41,21	4	0,49	B
V6	REPI 00	Bajathim 2000g	19,25	4	0,49	B
V7	REPI 40	Nalantim 1700g	40,71	4	0,49	B
V8	REPI 40	Bajathim 2000g	19,71	4	0,49	B
V9	REPI 80	Nalantim 1700g	41,01	4	0,49	B
V10	REPI 80	Bajathim 2000g	19,71	4	0,49	B
V11	REPI 100	Nalantim 1700g	40,71	4	0,49	B
V12	REPI 100	Bajathim 2000g	19,25	4	0,49	B
V13	REPI 200	Nalantim 1700g	40,21	4	0,49	B
V14	REPI 200	Bajathim 2000g	19,25	4	0,49	B
V15	REPI 300	Nalantim 1700g	40,51	4	0,49	B
V16	REPI 300	Bajathim 2000g	19,25	4	0,49	B
V17	REPI 400	Nalantim 1700g	40,51	4	0,49	B
V18	REPI 400	Bajathim 2000g	19,25	4	0,49	B

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 58.**  
**ANDEVA y Tukey de sobrevivencia por propanil (Bloqueso 3).**

Tratamiento		B	B'	B''	B'''	CV
Sobrevivencia		4.44	0.56	0.56	17.11	
Cuadro de Análisis de la Varianza (MC tipo III)						
F.Y.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Bloque	9820.37	10	982.04	166.25	<0.0001	
Fertilizante FA	1753.31	1	1753.31	44.21	<0.0001	
Bertracilaz FA	8040.20	1	8040.20	796.30	<0.0001	
Insecticida FC	100.54	1	100.54	22.17	<0.0001	
Fertilizante FA*Bertracilaz FA..	785.10	1	785.10	6.20	0.0025	
Fertilizante FA*Insecticida F..	0.04	1	0.04	1.28	0.2623	
Bertracilaz FA*Insecticida ..	500.63	1	500.63	8.97	0.0076	
Fertilizante FA*Bertracilaz FA..	87.44	1	87.44	3.58	0.0610	
Error	1821.20	40	45.53			
Total	26410.37	61				
Test/Tukey Alfa=0.05 DM=10, TRES						
Error: 17,646 gl 41						
Fertilizante FA	Bertracilaz FA	Insecticida FC	Mezcla	D.E.		
F1	F1C 10	Halatrim 1000g	4.39	A		
F1	F1C 20	Halatrim 2000g	5.30	A		
F1	F1C 30	Halatrim 3000g	5.20	A		
F1	F1C 40	Halatrim 4000g	4.58	A		
F1	F1C 50	Halatrim 5000g	5.24	A B		
F1	F1C 60	Halatrim 6000g	12.50	A B C		
F1	F1C 70	Halatrim 7000g	12.50	A B C		
F1	F1C 80	Halatrim 8000g	10.54	B C D		
F1	F1C 90	Halatrim 9000g	11.00	C D E		
F1	F1C 100	Halatrim 10000g	15.00	C D E		
F1	F1C 110	Halatrim 11000g	19.19	D E		
F1	F1C 120	Halatrim 12000g	17.50	E		
F1	TERTIO	Halatrim 1000g	100.00	F		
F1	TERTIO	Halatrim 2000g	100.00	F		
F1	TERTIO	Halatrim 3000g	100.00	F		
F1	TERTIO	Halatrim 4000g	100.00	F		
Nota: con los datos de los tratamientos diferentes (p < 0.05)						

Elaborado por: El Autor, 2020

**Figura 59**  
**ANDEVA y Tukey de biomasa con propanil (Bioensayo 3).**

Análisis de la Varianza						
Variable: B / DF: 2 / SS: 41.07						
SINCELA A 48 1.00 1.19 1.31						
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	T.V.	SC	gl	CV	F	p-valor
Modelo		3831,16	15	4942,23	444,95	<0,0001
Interacción F1		1804,34	4	1890,14	169,47	<0,0001
Interacción F2		8977,45	2	29924,51	2995,40	<0,0001
Interacción F3		2190,55	1	2282,55	219,45	<0,0001
Interacción F1*Interacción F2		1006,91	8	340,13	30,25	<0,0001
Interacción F2*Interacción F3		107,46	2	107,46	10,26	<0,0001
Interacción F1*Interacción F3		1420,74	1	470,13	42,47	<0,0001
Interacción F1*Interacción F2*Interacción F3		744,44	2	248,15	22,49	<0,0001
Error		479,50	48	9,39		
Total		29511,34	63			

Test: Tukey Alfa=0,05 DM=0,07387						
Error: 4,988 gl: 48						
Interacción F1 Interacción F2 Interacción F3 Media ± S.E.						
F1	F10 02	Halictus 100g	1,75	± 1,37	A	
F1	F10 42	Halictus 400g	4,70	± 1,35	B	
F1	F10 02	Halictus 100g	4,30	± 1,38	A	
F1	F10 02	Halictus 200g	2,00	± 1,38	B	
F1	F10 42	Halictus 400g	2,23	± 1,39	B	C
F1	F10 02	Halictus 100g	4,75	± 1,38	A	C
F1	F10 42	Halictus 400g	4,00	± 1,39	B	C
F1	F10 02	Halictus 100g	11,25	± 1,38	A	C
F1	F10 02	Halictus 100g	13,75	± 1,38		C
F1	F10 22	Halictus 200g	14,25	± 1,38		B
F1	F10 42	Halictus 400g	30,75	± 1,38		B
F1	F10 22	Halictus 200g	32,40	± 1,39		B
F1	F10 00	Halictus 000g	216,90	± 1,38		B
F1	F10 00	Halictus 000g	200,00	± 1,37		B
F1	F10 00	Halictus 000g	216,00	± 1,38		B
F1	F10 00	Halictus 000g	100,00	± 1,38		B

Señal con las letras indica si son significativamente diferentes (p < 0,05)

Elaborado por: El Autor, 2026