e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

Evaluación de la resistencia a herbicidas postemergentes y estrategias de control de *Rottboellia cochinchinensis* en maíz (Zea mays L.) en Ecuador

*Evaluation of post- emergence herbicide resistance and control strategies for Rottboellia cochinchinensis in maize (*Zea mays L.*) in Ecuador*

Germán Reinaldo Troya Guerrero[1]
Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador;
Doctorante, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Venezuela, Ecuador,
https://orcid.org/0000-0003-1293-4866
gtroya@utb.edu.ec ; germantroya@hotmail.com

Vanessa Elizabeth Pino Meléndez[2]
Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador;
Doctorante, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Venezuela, Ecuador.
https://orcid.org/0000-0003-0986-1651
vpino@utb.edu.ec

Luis Humberto Vásquez Cortez [3]
Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
Docente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera Agroindustria, Ecuador
https://orcid.org/0000-0003-1850-0217
lvazquezc@utb.edu.ec

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: gtroya@utb.edu.ec; germantroya@hotmail.com
Fecha de recepción: 17 / 01 / 2025

Fecha de aceptación: 09 / 03 / 2025

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

RESUMEN

Rottboellia cochinchinensis (Lour.) W.D. Clayton es una maleza problemática en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en regiones tropicales, debido a su creciente resistencia a herbicidas. En este estudio se evaluó la resistencia a herbicidas postemergentes (nicosulfuron, atrazina, pendimetalina, 2,4-D amina) y la eficacia de control en el híbrido INIAP-553. Para ello, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, tanto en condiciones de campo como de invernadero. Los resultados muestran una resistencia incipiente de *R. cochinchinensis* a los herbicidas estudiados, con tasas de sobrevivencia de 0,62 ± 0,1 % en invernadero y 5,04 ± 0,3 % en campo. Nicosulfuron (40 g/ha) presentó la mayor selectividad con un índice de toxicidad de 9,7 en invernadero y 1,9 en campo. El deshierbe manual logró el mayor control (100 %), el mayor rendimiento (6207,50 ± 250 kg/ha) y el mayor beneficio neto ($748,82/ha). La resistencia, probablemente podría estar asociada a mecanismos de detoxificación metabólica, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias de manejo integrado que incluyan la rotación de herbicidas y cultivos para un manejo sostenible. Estos hallazgos son relevantes para los agricultores de Ecuador y otras regiones tropicales afectadas *R. cochinchinensis*.

PALABRAS CLAVE: control de malezas, herbicidas, maíz, resistencia, *Rottboellia cochinchinensis.*

ABSTRACT

Rottboellia cochinchinensis (Lour.) W.D. Clayton is a problematic weed in maize (*Zea mays* L.) cultivation in tropical regions due to its increasing resistance to herbicides. This study evaluated the resistance of *R. cochinchinensis* to post-emergence herbicides (nicosulfuron, atrazine, pendimethalin, and 2,4-D amine) and the effectiveness of weed control in the hybrid INIAP-553. A randomized complete block design was used with eight treatments and four replications, under both field and greenhouse conditions. The results revealed an incipient resistance of *R. cochinchinensis* to the tested herbicides, with survival rates of 0.62 ± 0.1 % in the greenhouse and 5.04 ± 0.3 % in the field. Nicosulfuron (40 g/ha) showed the greatest selectivity, with toxicity index of 9.7 in greenhouse and 1.9 in field. Manual weeding achieved the highest level of control (100

%), the greatest yield (6207.50 ± 250 kg/ha), and the highest net benefit ($748.82/ha). The observed resistance, is likely associated with metabolic detoxification mechanisms, highlighting the need to implement integrated weed management strategies that include herbicide and crop rotation for sustainable control. These findings are relevant to farmers in Ecuador and other tropical regions affected by *R. cochinchinensis*.

KEYWORDS: weed control, herbicides, maize, resistance, *Rottboellia cochinchinensis*.

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo esencial para la seguridad alimentaria y la economía en regiones tropicales, especialmente en América Latina y Ecuador, donde es clave en la dieta y la producción agroindustrial (FAO, 2023). En Babahoyo, provincia de Los Ríos, el maíz es vital, pero su productividad se ve amenazada por malezas como *R. cochinchinensis*, conocida por su agresividad y resistencia a herbicidas (Delgado et al., 2013). Esta maleza puede reducir los rendimientos hasta un 80 % en infestaciones severas, afectando gravemente a los agricultores (Hamza, 2020; Imoloame, 2021).

R. cochinchinensis es una Poaceae anual, que se destaca por su rápida germinación, crecimiento vigoroso y alta producción de semillas, lo que facilita su dispersión en cultivos de maíz (Bolfrey-Arku et al., 2011), su resistencia a herbicidas inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS), como el nicosulfuron, es un desafío creciente debido a mecanismos como la detoxificación enzimática (citocromo P450) y mutaciones en el sitio de acción (Ngow et al., 2024; Nandula, 2019). En Ecuador, la intensificación agrícola y el uso continuo de herbicidas ALS han favorecido biotipos resistentes, incrementando los costos de manejo y reduciendo la rentabilidad (Alcívar-Torres et al., 2016). Las condiciones de alta precipitación en Babahoyo (2791,4 mm anuales) podrían acelerar la selección de biotipos resistentes, lo que resalta la relevancia de este estudio para regiones tropicales (Ramos et al., 2023).

La resistencia a herbicidas no solo afecta los rendimientos, sino que también tiene implicaciones económicas y ambientales. Los agricultores enfrentan mayores costos por herbicidas y control manual, mientras que el uso excesivo de químicos puede contaminar

suelos y agua (Peterson et al., 2018). El manejo integrado de malezas (MIM), que combina estrategias químicas, culturales y mecánicas, es crucial para un manejo sostenible. Por lo mencionado, este estudio evaluó la resistencia de *R. cochinchinensis* a herbicidas postemergentes en Babahoyo, analizando su eficacia de control y el impacto económico en el maíz, con el objetivo de proponer estrategias de manejo integrado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio Experimental

El estudio se realizó en la Granja San Pablo, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador (01°49'15" S, 79°32' W, 8 m.s.n.m.), con un clima tropical húmedo (25,6 °C promedio, 2791,4 mm de precipitación anual, 76 % humedad relativa) y suelo franco arcilloso (pH 6,2, y 2,8 % materia orgánica) (Estación meteorológica UTB-2011). El experimento se efectuó en invernadero bajo condiciones controladas (luz artificial, riego diario), se establecieron 4 repeticiones por tratamiento y se utilizaron macetas plásticas y cajones de madera. Como material biológico experimental se utilizó el híbrido de maíz INIAP H-553, cuyas características se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del Híbrido de maíz INIAP H-553

Tipo de híbrido	Simple
Altura de planta	235 cm
Altura de mazorca	121 cm
Floración femenina	55 días
Ciclo vegetativo	110 días
Acame	Tolerante
Manchas foliares	Tolerante
Mazorca	Ligeramente cónica
Longitud de mazorca	17 cm
Diámetro de mazorca	5 cm
Color de grano	Amarillo
Textura de grano	Cristalino
Rendimiento	6.959 kg

Fuente: Autores

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

Diseño Experimental

La siembra se efectuó a una densidad de 62.500 plantas/ha, usando semilla certificada del híbrido INIAP-553, se evaluaron ocho tratamientos para el control de *R. cochinchinensis* (Tabla 2), incluyendo un testigo absoluto sin control y un testigo con deshierbe manual a los 15, 45 y 65 días. En invernadero se estableció un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, mientras que en la fase de campo se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas en campo midieron 5 x 3,2 m (16 m^2), con un área útil de 4 x 2,2 m (8,2 m^2), un distanciamiento de 80 cm entre hileras y 20 cm entre plantas (125 plantas/parcela). El volumen de agua para la aplicación de herbicidas fue 357 L/ha, calculado a partir de 7.68 L para 215 m^2 (0.0215 ha).

Tabla 2. Tratamientos evaluados para el control de *R. cochinchinensis*

Tratamiento	Nombre Técnico	Dosis	Época
T1	Nicosulfuron	40 g/ha	Postemergente
T2	Nicosulfuron + Atrazina	40 g + 3 kg/ha	Postemergente
T3	Nicosulfuron + Pendimetalina	40 g + 3 L/ha	Postemergente
T4	Nicosulfuron + 2,4-D Amina	40 g + 1 L/ha	Postemergente
T5	Atrazina + 2,4-D Amina	3 kg + 1 L/ha	Postemergente
T6	Atrazina + 2,4-D Amina + Nicosulfuron	3 kg + 1 L + 40 g/ha	Postemergente
T7	Deshierbe Manual	3 veces (15, 45, 65 días)	-
T8	Testigo Absoluto	Sin control	-

Fuente: Autores

Manejo del Ensayo

En la fase de campo, la preparación del terreno incluyó un pase de arado y dos de rastra. La semilla fue tratada con Semevin (200 cc/kg) para prevenir insectos trozadores. Los herbicidas postemergentes se aplicaron a los 15 días después de la siembra con una bomba de mochila (boquilla DEF03, 357 L/ha de agua). La fertilización incluyó fósforo (40 kg/ha), superfosfato triple (46 % P_2O_5), potasio (40 kg/ha), muriato de potasio, (60 % K_2O) antes del último pase de rastra, mientras que el nitrógeno (300 kg/ha) y la úrea (46 % N) se fraccionó a los 15 y 30 DDA (días después de la aplicación). Ante la presencia de langostas, se aplicó como medida de control fitosanitario Cipermetrina (200 cc/ha).

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

Variables evaluadas

Durante el experimento, se evaluaron las siguientes variables:

1. **Control de Malezas:** Los porcentajes de control de *R. cochinchinensis* fueron evaluados visualmente a los 14 y 21 DDA usando la escala EWRS (Tabla 3). Los datos a los 21 DDA se derivaron del porcentaje de plantas vivas (% Control = 100 % - % Resistencia), mientras que los datos a 14 DDA se estimaron a partir de índices de toxicidad, ajustados a la escala EWRS (Tablas 6 y 7).
2. **Toxicidad:** La selectividad de los herbicidas en maíz, fue evaluada a 3, 7, 14 y 21 DDA usando la escala ALAM 0-10, en donde 0 = sin daño y 10 = muerte total, (Tabla 4).
3. **Resistencia:** El porcentaje de plantas vivas de *R. cochinchinensis* a los 21 DDA, se evaluó por conteo visual en 1 m².
4. **Altura de Planta:** Al final del ciclo se evaluó la altura del maíz en cm.
5. **Productividad:** El rendimiento de maíz (kg/ha) se evaluó en el área útil.

Tabla 3. Escala para evaluación de control de malezas (EWRS)

Calificación (%)	Descripción
100 %	Control total
99 – 80 %	Excelente o muy bueno
79 – 60 %	Bueno o suficiente
59 – 40 %	Dudoso o mediocre
39 – 20 %	Malo o pésimo
19 – 0 %	Malo o nulo

Fuente: Burril et al., 1977

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

Tabla 4. Escala para evaluación de toxicidad (ALAM)

Índice	Denominación	Descripción del daño
0	Ningún Daño	Ningún efecto, apariencia similar al testigo
1	Ningún Daño	Leve clorosis y retardo en el crecimiento
2	Daño Leve	Leve clorosis, retardo en el crecimiento, fallas en la germinación
3	Daño Leve	Clorosis más pronunciada, manchas necróticas, malformaciones
4	Daño Leve	Clorosis intensa, necrosis y malformaciones más pronunciadas; el cultivo se recupera
5	Daño Moderado	Síntomas más marcados; el cultivo se recupera, pero con dificultad
6	Daño Moderado	Se manifiesta la fitotoxicidad; el cultivo, por lo general, no se desarrolla bien
7	Daño Moderado	Daño severo al cultivo, pérdida de plantas
8	Daño Severo	Muerte significativa de plantas; pocas plantas sobreviven
9	Daño Severo	Muerte casi total de las plantas
10	Muerte Total	Destrucción total del cultivo; muerte de todas las plantas

Fuente: Adaptado de Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974).

Análisis Estadístico

Se aplicó ANOVA y prueba de Duncan ($p < 0.05$) en R (versión 3.6.1). Los datos de resistencia y control de malezas se transformaron con arco-seno para cumplir con normalidad (Shapiro-Wilk, $p > 0.05$) y homogeneidad de varianzas (Levene, $p > 0.05$). Los porcentajes de control a 14 DDA se estimaron a partir de índices de toxicidad y su significancia se infirió del impacto en la productividad (Tabla 11).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control de Malezas

Los porcentajes de control de *R. cochinchinensis* a los 14 y 21 DDA fueron evaluados según la escala EWRS (Tabla 5). El ANOVA mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para ambas evaluaciones, con coeficientes de variación (CV) de 3.0 % y 5.5

%. A los 14 días, el deshierbe manual (T7) logró el control total (100 %), el cual fue estadísticamente superior a los tratamientos químicos (T1–T6). Entre los herbicidas, el nicosulfuron (T1, 40 g/ha) obtuvo el mayor control (97.0 % ± 0.3 en invernadero y 92.0 % ± 0.5 en campo), siendo significativamente superior a T2–T6 (92.0–95.0 % en invernadero y 87.0–90.0 % en campo). A los 21 días, T7 mantuvo el control total (100 %), estadísticamente igual a T1 (99.25 % ± 0.2 en invernadero y 95.25 % ± 0.3 en campo) y superior a T2–T6. El testigo absoluto (T8) mostró control nulo (0 %) (Figura 1). La resistencia incipiente (0.25–1.25 % en invernadero, Tabla 8; 4.25–5.5 % de plantas vivas en campo, Tabla 9) limita la eficacia en campo, mientras que el control fue mayor en invernadero debido a condiciones controladas. Estos resultados destacan la necesidad de integrar el deshierbe manual con herbicidas selectivos como el nicosulfuron para un manejo efectivo en condiciones tropicales (Delgado et al., 2006). La combinación de herbicidas preemergentes y postemergentes puede mejorar la eficacia en condiciones tropicales, especialmente en suelos con alta humedad (Herrera-Murillo & Picado-Arroyo, 2023).

Tabla 5. Control de *R. cochinchinensis* a los 14 y 21 días después de la aplicación (DDA)

Tratamiento	Control 14 DDA Invernadero (% ± SE)	Control 21 DDA Invernadero (% ± SE)	Control 14 DDA Campo (% ± SE)	Control 21 DDA Campo (% ± SE)
T1	97.0 ± 0.3 a	99.25 ± 0.2 a	92.0 ± 0.5 a	95.25 ± 0.3 a
T2	95.0 ± 0.4 b	99.75 ± 0.1 a	90.0 ± 0.6 b	94.5 ± 0.4 b
T3	94.0 ± 0.4 b	99.75 ± 0.1 a	90.0 ± 0.6 b	94.75 ± 0.3 b
T4	94.0 ± 0.4 b	99.25 ± 0.2 a	89.0 ± 0.7 b	94.75 ± 0.3 b
T5	93.0 ± 0.5 b	99.50 ± 0.15 a	88.0 ± 0.7 b	95.75 ± 0.3 a
T6	92.0 ± 0.5 b	98.75 ± 0.2 b	87.0 ± 0.8 b	94.75 ± 0.4 b
T7	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
T8	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c
Promedio general	88.1	87.0	87.0	83.7
Significancia estadística	**	**	**	**
CV (%)	3.0	5.5	3.0	5.5

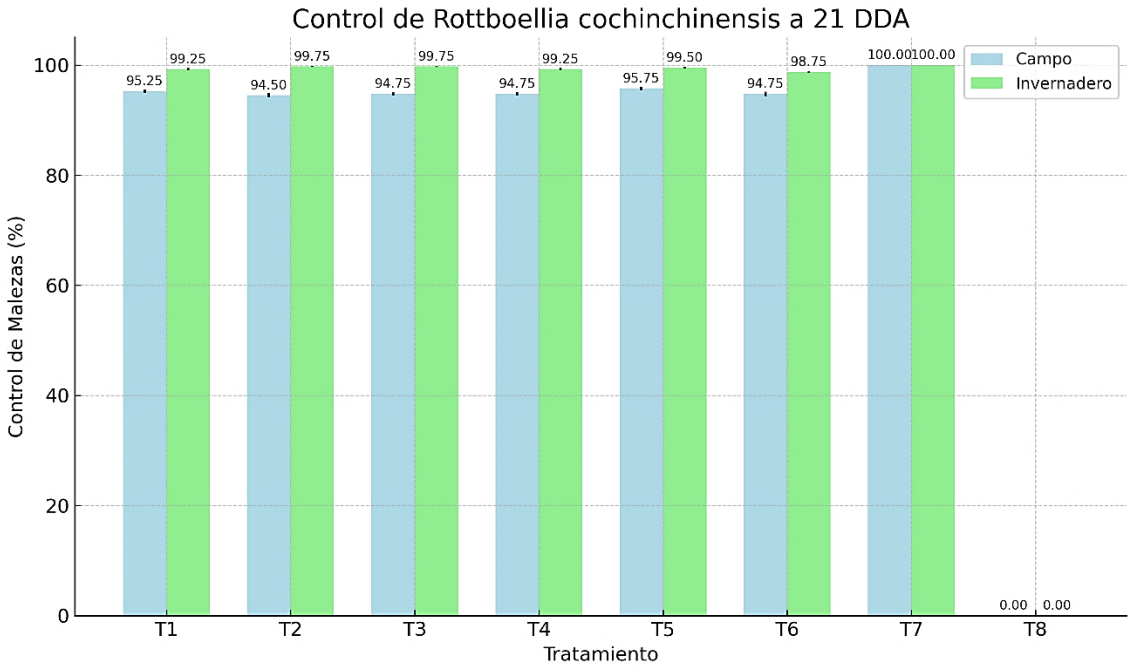
*Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). ** = altamente significativo ($p < 0.01$). Nota: Los datos a 14 DDA son*

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

estimaciones basadas en índices de toxicidad (Tablas 6 y 7); la significancia se infiere de la productividad (Tabla 11). Fuente: Autores.

Figura 1. Control de *R. cochinchinensis* a 21 DDA

Gráfico de barras mostrando el porcentaje de control de R. cochinchinensis a 21 DDA en invernadero (verde claro) y campo (azul claro). Barras representan medias ± SE (n=4).



Toxicidad de Herbicidas

El nicosulfuron (T1) mostró alta eficacia en invernadero (9.7 a 21 DDA, Tabla 6) y alta selectividad en campo (índice de toxicidad 0.6–1.9, Tabla 7). La mezcla atrazina + 2,4-D amina (T5) registró mayor fitotoxicidad en campo (3.2), indicando daño moderado al maíz (Figura 2). La pubescencia de *R. cochinchinensis* y la alta precipitación en Babahoyo (2791.4 mm) pudieron reducir la absorción de herbicidas, afectando su eficacia (Delgado et al., 2006; Teli et al., 2024).

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

Tabla 6. Índice de toxicidad de herbicidas en invernadero (escala ALAM)

Tratamiento	3 DDA	7 DDA	14 DDA	21 DDA
T1	4.0	6.5	7.5	9.7
T2	4.4	5.1	8.2	9.6
T3	4.9	6.0	7.5	9.1
T4	3.5	5.8	8.9	9.2
T5	2.5	6.0	8.3	9.4
T6	4.7	6.9	8.5	9.2
T7	0.0	0.0	0.0	0.0
T8	0.0	0.0	0.0	0.0
Promedio	3.2	4.6	6.8	7.8

Fuente: Autores

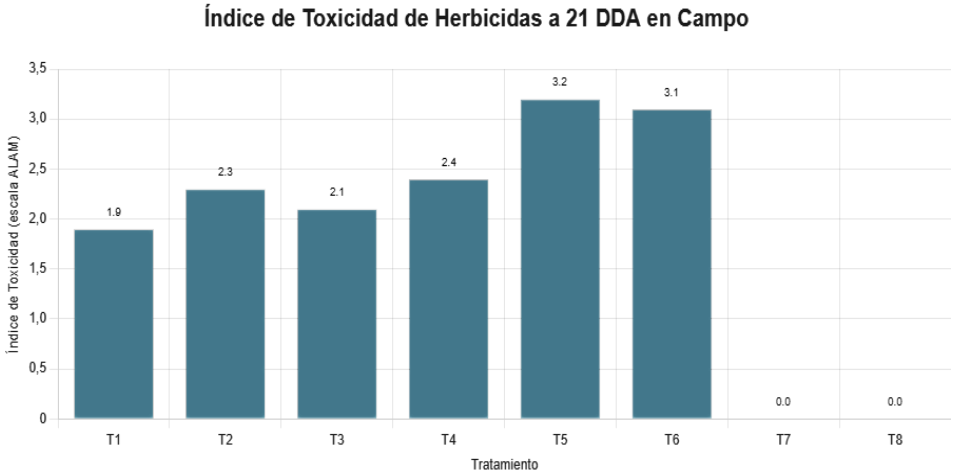
Tabla 7. Índice de toxicidad de herbicidas en campo (escala ALAM)

Tratamiento	3 DDA	7 DDA	14 DDA	21 DDA
T1	0.6	1.2	1.7	1.9
T2	0.8	1.5	2.0	2.3
T3	0.7	1.3	1.8	2.1
T4	0.9	1.6	2.1	2.4
T5	1.0	1.8	2.8	3.2
T6	1.2	2.0	2.9	3.1
T7	0.0	0.0	0.0	0.0
T8	0.0	0.0	0.0	0.0
Promedio	0.7	1.2	1.6	1.9

Fuente: Autores

Figura 2. Índice de toxicidad de herbicidas a 21 DDA en campo
Gráfico de barras mostrando el índice de toxicidad (escala ALAM) de los tratamientos T1–T8 a 21 DDA en campo. Barras representan medias ± SE (n=4).

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025



Resistencia

Se detectó resistencia en todos los tratamientos químicos, con promedios de 0.62 ± 0.1 % en invernadero (máximo T6: 1.25 ± 0.2 %, Tabla 8) y 5.04 ± 0.3 % en campo (máximo T2: 5.5 ± 0.4 %, Tabla 9). La baja variabilidad (CV 16.77 % en campo y 24.66 % en invernadero) sugiere resistencia incipiente, probablemente por detoxificación metabólica (citocromo P450) o mutaciones en el sitio de acción de herbicidas ALS (Delgado et al., 2013). La pubescencia de *R. cochinchinensis* y la alta precipitación en Babahoyo podrían reducir la absorción de herbicidas, contribuyendo a la resistencia (Delgado et al., 2006).

Tabla 8. Resistencia en invernadero a 21 días (% plantas vivas)

Tratamiento	Plantas Vivas (% ± SE)
T1	0.75 ± 0.2 a
T2	0.25 ± 0.1 a
T3	0.25 ± 0.1 a
T4	0.75 ± 0.2 a
T5	0.50 ± 0.15 a
T6	1.25 ± 0.2 a
T7	0.0 ± 0.0 b
T8	100.0 ± 0.0 c
Promedio	0.62
Significancia	NS
CV (%)	24.66

Fuente: Autores

Tabla 9. Resistencia en campo a 21 días (% plantas vivas)

Tratamiento	Plantas Vivas (% ± SE)
T1	4.75 ± 0.3 a
T2	5.5 ± 0.4 a
T3	5.25 ± 0.3 a
T4	5.25 ± 0.3 a
T5	4.25 ± 0.3 a
T6	5.25 ± 0.4 a
T7	0.0 ± 0.0 b
T8	100.0 ± 0.0 c
Promedio	5.04
Significancia	NS
CV (%)	16.77

Fuente: Autores

Altura de Planta

No se detectaron diferencias significativas en la altura de planta ($p > 0.05$, CV 3.5 %, Tabla 10). Los promedios oscilaron entre 105.2 ± 1.4 cm (T8) y 108.7 ± 1.5 cm (T7). La falta de diferencias sugiere que los herbicidas no afectaron significativamente el crecimiento del maíz, aunque la competencia con *R. cochinchinensis* en T8 redujo ligeramente la altura (Delgado et al., 2006).

Tabla 10. Altura de planta del maíz (cm)

Tratamiento	Altura (cm ± SE)
T1	107.5 ± 1.2 a
T2	106.8 ± 1.3 a
T3	106.5 ± 1.2 a
T4	106.0 ± 1.4 a
T5	105.8 ± 1.3 a
T6	106.2 ± 1.3 a
T7	108.7 ± 1.5 a
T8	105.2 ± 1.4 a
Promedio	106.6
Significancia	NS
CV (%)	3.5

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Fuente: Elaborado por los autores.

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

Productividad y Análisis Económico

El deshierbe manual (T7) obtuvo el mayor rendimiento (6207.50 ± 250 kg/ha, Tabla 11. Figura 3) y beneficio neto ($748.82/ha, Tabla 12), seguido por nicosulfuron (T1: 5588.00 ± 200 kg/ha, $610.75/ha). El testigo absoluto (T8) mostró el menor rendimiento (3107.00 ± 200 kg/ha) y beneficio ($52.67/ha). Estos resultados son consistentes con la alta competencia de *R. cochinchinensis*, que puede reducir hasta un 30 % la producción si no se controla (Hamza, 2020; Delgado et al., 2006).

Tabla 11. Productividad del maíz (kg/ha)

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha ± SE)
T1	5588.00 ± 200 ab
T2	5422.50 ± 180 ab
T3	5338.75 ± 190 ab
T4	5237.25 ± 185 ab
T5	5163.00 ± 175 ab
T6	5385.25 ± 170 ab
T7	6207.50 ± 250 a
T8	3107.00 ± 200 b
Promedio	5181.15
Significancia	**
CV (%)	34.10

*Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Duncan ($p < 0.05$). ** = altamente significativo ($p < 0.01$). Fuente: Elaborado por los autores.*

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

Tabla 12. Análisis económico (USD/ha)

Tratamiento	Costo Total	Ingreso (Rendimiento)	Beneficio Neto
T1	865.23	1476.00	610.75
T2	868.13	1432.80	564.67
T3	863.48	1410.00	546.52
T4	857.68	1383.60	525.92
T5	855.38	1364.40	509.02
T6	870.93	1423.20	552.27
T7	891.58	1640.40	748.82
T8	768.13	820.80	52.67

Fuente: Autores

Figura 3. Rendimiento del maíz por tratamiento

Gráfico de barras mostrando el rendimiento del maíz (kg/ha) de los tratamientos T1–T8 en campo. Barras representan medias ± SE (n=4).

Eficacia de los Tratamientos Herbicidas

El nicosulfuron (T1) fue el más efectivo contra *R. cochinchinensis* en invernadero (9.7, Tabla 6) y selectivo para el maíz (índice 0.6–1.9, Tabla 7), aunque limitado en campo por

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

resistencia (4.75 %, Tabla 9). La mezcla atrazina + 2,4-D amina (T5) mostró fitotoxicidad moderada (3.2, Tabla 7). La resistencia incipiente puede deberse a la detoxificación metabólica por enzimas citocromo P450, que degradan herbicidas ALS, o mutaciones en el gen ALS que alteran el sitio de unión (Delgado et al., 2013). La resistencia en Poaceae, como *Echinochloa colona*, requiere la diversificación de modos de acción de los herbicidas para minimizar la selección de biotipos resistentes (Akhter et al., 2023). La rotación de herbicidas inhibidores de la acetolactato sintasa, triazinas y dinitroanilinas, combinada con cultivos de cobertura como *Crotalaria juncea*, es crucial para mitigar la resistencia (Ramos et al., 2023).

La resistencia de *R. cochinchinensis* a herbicidas postemergentes, como el nicosulfuron, representa un desafío significativo para el manejo de malezas en cultivos de maíz en regiones tropicales como Babahoyo, Ecuador. Esta resistencia, probablemente mediada por detoxificación metabólica a través de enzimas como el citocromo P450, requiere estrategias de manejo integrado que combinen métodos químicos, culturales y mecánicos para minimizar la selección de biotipos resistentes. En este sentido, Beckie et al. (2019) destacan que la diversificación de los modos de acción de los herbicidas, junto con la rotación de cultivos y el uso de cultivos de cobertura, son estrategias clave para retrasar el desarrollo de resistencia a herbicidas en malezas problemáticas como las Poaceae, lo que resulta fundamental para optimizar el control sostenible de *R. cochinchinensis* en condiciones tropicales. El monitoreo continuo de la resistencia es crucial para un manejo sostenible, especialmente en regiones tropicales con alta presión de malezas (La Cruz, 2022).

Implicaciones Regionales y Globales

La resistencia observada es consistente con reportes en Bolivia y México, donde *R. cochinchinensis* afecta maíz y arroz (Delgado et al., 2006; Funez et al., 2016). La resistencia de esta maleza a herbicidas postemergentes, como el nicosulfuron, representa un problema creciente en regiones tropicales como Babahoyo, Ecuador, donde las condiciones de alta precipitación y el uso continuo de herbicidas ALS favorecen la selección de biotipos resistentes. Este fenómeno no es exclusivo de Ecuador, ya que la resistencia a herbicidas en malezas agrícolas es un desafío global que incrementa los costos de manejo y afecta la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Peterson et al. (2018) destacan que la resistencia a herbicidas, particularmente en Poaceae como *R.*

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

cochinchinensis, requiere un enfoque de manejo integrado que combine rotación de cultivos, diversificación de modos de acción de herbicidas y prácticas culturales para reducir la presión selectiva y minimizar los impactos ambientales. La alta precipitación (2791.4 mm) y la pubescencia de la maleza exacerban la resistencia, requiriendo manejo integrado con deshierbe manual, rotación de herbicidas (por ejemplo, alternar nicosulfuron con glifosato cada 2–3 años), y cultivos de cobertura para suprimir la germinación de malezas. Estas estrategias pueden aplicarse en otras regiones tropicales con condiciones similares, como Nigeria y Brasil (Hamza, 2020; Ramos et al., 2023).

Implicaciones Ambientales

El uso intensivo de herbicidas para controlar *R. cochinchinensis* puede aumentar la resistencia y contribuir a la contaminación de suelos y agua, especialmente en regiones con alta precipitación como Babahoyo. La rotación de modos de acción y cultivos de cobertura reduce impactos ambientales, promoviendo la sostenibilidad. Imoloame (2017) encontró que la aplicación de mezclas de herbicidas como pendimethalin + atrazine y metolachlor + atrazine, combinados con deshierbe manual, reduce significativamente la densidad de malezas como *R. cochinchinensis* en maíz, pero destaca la persistencia de esta especie, sugiriendo la necesidad de integrar métodos químicos y no químicos para un control sostenible. El deshierbe manual, aunque efectivo, es costoso ($891.58/ha), sugiriendo la necesidad de tecnologías accesibles, como aplicaciones de herbicidas de baja dosis o maquinaria de deshierbe para pequeños productores.

CONCLUSIONES

R. cochinchinensis muestra resistencia incipiente a herbicidas postemergentes en Babahoyo (0.62 ± 0.1 % en invernadero y 5.04 ± 0.3 % en campo), probablemente por detoxificación metabólica (citocromo P450) o mutaciones en el sitio de acción ALS.

Nicosulfuron (40 g/ha) es el herbicida más selectivo y efectivo, especialmente en invernadero (índice 9.7), pero su eficacia en campo se ve limitada por resistencia.

El deshierbe manual logra el mayor control (100 %), rendimiento (6207.50 ± 250 kg/ha) y beneficio neto ($748.82/ha), pero su costo limita su adopción.

El manejo integrado, con rotación de herbicidas (por ejemplo, nicosulfuron, glifosato, triazinas), cultivos de cobertura (*Crotalaria juncea*) y monitoreo anual de resistencia, es esencial para un control sostenible.

Se recomienda realizar análisis moleculares (secuenciación de genes ALS) para confirmar mecanismos de resistencia y optimizar estrategias de manejo.

REFERENCIAS

Akhter, M. J., Sønderskov, M., Ntoanidi, E., Cheimona, N., & Melander, B. (2023). Opportunities and challenges for harvest weed seed control in European cropping systems. *European Journal of Agronomy, 142*, 126639. https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126639

Alcívar-Torres, L., Cadena-Piedrahita, D., Salinas-Ochoa, J., Goyes-Cabezas, M., & Santana-Aragone, D. (2016). Dosis y épocas de aplicación de nicosulfuron en el cultivo de maíz en la localidad de Babahoyo, Ecuador. *European Scientific Journal ESJ*, *12*(33): 290. https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n33p290

ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS (ALAM) 1974. Resumen del panel sobre métodos para la evaluación de ensayos en control de malezas en Latinoamerica. Revista de la Asociación Latinoamericana de Malezas. II Congreso de ALAM, Cali, Colombia: 6-12.

Beckie, H. J., Ashworth, M. B., & Flower, K. C. (2019). Manejo de la resistencia a herbicidas: Desarrollos y tendencias recientes. *Plants*, *8*(6),161. https://doi.org/10.3390/plants8060161

Bolfrey-Arku, G. E., Chauhan, B. S., & Johnson, D. E. (2011). Seed Germination Ecology of Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*). *Weed Science, 59*(2),182-187. https://doi.org/10.1614/ws-d-10-00095.1

Burril, L. C.; Cardenas, L. y Locatelli, E. (1977). Manual de campo para la investigación en control de malezas. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA: 72 p.https://ir.library.oregonstate.edu/concern/technical_reports/wm117v011 (Consultado en febrero de 2023).

Delgado, M., Ortiz Domínguez, A., & Zambrano, C. (2006). Resistencia de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton al herbicida nicosulfuron en cultivos de maíz. *Agronomía Tropical, 56*(2), 171-182. http://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200002&lng=pt&tlng=es

Delgado, M., Ortiz Domínguez, A., Zambrano, C., & Pérez, R. (2013). Characterization of *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton resistance to the herbicide nicosulfuron. *Bioagro*, *25*(1), 23–30. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612013000100001; https://ve.scielo.org/pdf/ba/v25n1/art01.pdf

FAO. (2023). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cc8166

Funez, L. A., Ferreira, J. P. R., Hassemer, G., & Trevisan, R. (2016). First record of the invasive species Rottboellia cochinchinensis (Poaceae, Andropogoneae) in the South Region of Brazil. Check List, 12(4), 1930. https://doi.org/10.15560/12.4.1930

Hamza, S. (2020). Effects of weed control methods on itch grass (*Rottboellia cochinchinensis*), Gyaazámáá (auctt.) on maize production in Zamfara State, Nigeria. *Global Scientific Journal*, *8*(4). https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/EFFECTS_OF_WEED_CONTROL_METHODS_ON_ITCH_GRASS_ROTTBOELLIA_COCHINCHINENSIS_GYAAZ_M_auctt_ON_MAIZE_PRODUCTION_IN_ZAMFARA_STATE_NIGERIA.pdf

Herrera-Murillo, F., & Picado-Arroyo, G. (2023). Evaluación de herbicidas preemergentes para el control de arvenses en camote. *Agronomía Costarricense. 47*(1),59-71. http://dx.doi.org/10.15517/rac.v47i1.53949

Imoloame, E. O. (2017). Evaluation of herbicide mixtures and manual weed control method in maize (*Zea mays* L.) production in the Southern Guinea agro-ecology of Nigeria. *Cogent Food & Agriculture*, *3*(1), 1375738. https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1375738

Imoloame, E. O. (2021). Agronomic and economic performance of maize (*Zea mays* L.) as influenced by seed bed configuration and weed control treatments. *Open Agriculture, 6*(1), 445-455. https://doi.org/10.1515/opag-2021-0030

La Cruz, R. A. (2022). Prevención, detección y manejo de la resistencia a herbicidas. *Avances en Investigación Agropecuaria*, *26*(Especial), 17-18. https://doi.org/10.53897/revaia.22.26.18

Nandula, V. K. (2019). Características de resistencia a herbicidas en maíz y soja: Estado actual y perspectivas futuras. *Plants*, *8*(9),337. https://doi.org/10.3390/plants8090337

Ngow, Z., James, T. K., Harvey, B., & Buddenhagen, C. E. (2024). A first survey for herbicide resistant weeds across major maize growing areas in the North Island of New Zealand. *PLoS ONE*, *19*(3), e0299539. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299539

e-ISSN: 2528-8091
Vol. 10, N° 2 - 2025

Peterson, M. A., Collavo, A., Ovejero, R., Shivrain, V., & Walsh, M. J. (2018). The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. *Pest Manag Sci. 74*(10):2246-2259. https://doi.org/10.1002/ps.4821

Ramos, G. da C., Silva, R. O. da., Schedenffeldt, B. F., Hirata, A. C. S., & Monquero, P. A. (2023). Asociación de herbicidas en el control simultáneo de semillas y plantas emergentes de *Rottboellia exaltata* L. *Research, Society and Development*, 12(7), e11712742623, 2023. https://doi.org/10.33448/rsd-v12i7.42623

Teli, S., Saha, A., & Debbarma, B., (2024). Chemical weed management on baby corn (*Zea mays* L.): A review. *Biotica Research Today*, *6*(12), 490-494. Doi: 10.54083/BioResToday/6.12.2024/490-494.