

Estudio de herbicidas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)Study of herbicides in cocoa crop (*Theobroma cacao* L.)

DOI.....

Jhon Luis Cano Maquilon¹

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0001-8872-2873>jcanom@utb.edu.ecPedro Pablo Montero Flores²

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

 <https://orcid.org/0009-0005-3756-8550>pmontero@utb.edu.ecCarlos Anthuan Touma Henríquez³

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0002-4855-119X>ctoumah@utb.edu.ecRafael Ernesto Almeida Vera⁴

Técnico Agrícola Independiente

 <https://orcid.org/0009-0004-9370-7124>almeida06@hotmail.com**DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:** jcanom@utb.edu.ec**Fecha de recepción:** 15/04/2025**Fecha de aceptación:** 24/06/2025**RESUMEN**

La presente investigación tuvo como evaluar el efecto de herbicidas en el control de malezas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Se empleó como material de estudio, el cultivo de cacao establecido CCN-51. Los tratamientos estudiados fueron Propanil en dosis de 3,0 y 4,0 L/ha; Paraquat en dosis de 1,5 y 3,0 L/ha; Glufosinato de Amonio en dosis de 1,5 y 3,0 L/ha; Diquat en dosis de 1,0 y 2,0 L/ha y un tratamiento testigo, sin aplicación de herbicidas. De acuerdo con los tratamientos planteados se utilizó el diseño experimental "Bloques al azar", con 9 tratamientos y 3 repeticiones utilizando la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Se efectuaron las labores agrícolas que requiere el cultivo tales como control de malezas y fitosanitario, riego, podas, fertilización y cosecha. Por los resultados expuestos se determinó que los herbicidas utilizados en el

cultivo cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Pueblo Nuevo, cantón Babahoyo, obtuvieron daño leve en lo referente a índice de toxicidad a los 7 y 14 días, desapareciendo desde los 21 días; el mayor control de malezas desde los 14 hasta los 49 días lo presentó el tratamiento que se utilizó de Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha y las variables de diámetro y longitud de mazorca, mazorcas por planta, semillas por mazorcas, peso promedio de mazorca y peso de 100 semillas reportaron los mayores promedios cuando se utilizó Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha.

Palabras claves: Malezas, herbicidas, control, cacao.

ABSTRACT

The present investigation aimed to evaluate the effect of herbicides on weed control in cocoa crops (*Theobroma cacao* L.). The established cocoa crop CCN-51 was used as the study material. The treatments studied were Propanil at doses of 3.0 and 4.0 L/ha; Paraquat at doses of 1.5 and 3.0 L/ha; Ammonium Glufosinate at doses of 1.5 and 3.0 L/ha; Diquat at doses of 1.0 and 2.0 L/ha and a control treatment, without herbicide application. According to the proposed treatments, the experimental design "Randomized blocks" was used, with 9 treatments and 3 replications using the Tukey test at 95% probability. Agricultural tasks required for the crop were carried out, such as weed and phytosanitary control, irrigation, pruning, fertilization and harvesting. Based on the results presented, it was determined that the herbicides used on cacao crops (*Theobroma cacao* L.) in the Pueblo Nuevo area, Babahoyo canton, produced mild damage in terms of toxicity index at 7 and 14 days, which disappeared after 21 days. The greatest weed control from 14 to 49 days was achieved with the treatment using ammonium glufosinate at a dose of 3.0 L/ha. The variables of ear diameter and length, ears per plant, seeds per ear, average ear weight, and 100-seed weight reported the highest averages when ammonium glufosinate was used at a dose of 3.0 L/ha.

Keywords: Weeds, herbicides, control, cacao.

INTRODUCCIÓN

Kalvatchet (2020) expresa que *Theobroma cacao*, es una de las más importantes especies de bosques húmedos tropicales. Las semillas de cacao son la fuente del cacao comercial: chocolate y manteca de cacao. Las semillas fermentadas son tostadas, rotas y esparcidas para dar un polvo del cual se obtiene la grasa. Este es el cacao del cual se obtiene y se prepara la popular bebida. En la preparación del chocolate, este polvo es mezclado con azúcar, sabores artificiales, y grasa extra de cacao. Las semillas de cacao son la mayor cosecha económica del mundo tropical, pero, solamente cerca del 10% por peso fresco de la fruta es comercializado, aunque varios productos comerciales promisorios pueden ser obtenidos de este fruto.

Una gran parte de las plantaciones de cacao en Ecuador tienen buen potencial de respuesta a la aplicación de prácticas de manejo tendientes a su rehabilitación. Sin embargo, no todos tienen la misma capacidad de respuesta al conjunto de prácticas de manejo integrado que comúnmente se recomiendan para las plantaciones establecidas. Por tanto, es necesario hacer un diagnóstico de la finca o parcela antes de iniciar las acciones (Quiroz y Amores, 2019).

El cultivo de cacao es uno de los principales rubros en la Amazonía ecuatoriana, con 44.300 hectáreas, de las cuales el 83% de la superficie corresponde a cacao tipo nacional y el 17 % a otros tipos de cacao trinitarios (MAG, 2019).

El cacao es uno de los rubros de mayor relevancia en la estructura agrícola productiva de Ecuador y fuente de ingreso para miles de familias campesinas. Se cultiva en Los Ríos (Vinces, Babahoyo, Palenque Baba, Pueblo Viejo, Catarama y Ventanas), Guayas (Naranjal, Balao y Tenguel) y El Oro (Machala y Santa Rosa), en mayor cantidad. El promedio de área sembrada por agricultor es de 3 hectáreas, los rendimientos anuales fluctúan entre 300 a 500 kg /ha de cacao seco (Latacela et al., 2018).

La necesidad de incrementar la producción de alimentos, en el campo de la agricultura, ha llevado a los investigadores a desarrollar nuevas sustancias con mejores propiedades para proteger a los cultivos de la acción de las malezas y cuya actividad, selectividad y seguridad ambiental, proporcionen el auxilio adecuado a los agricultores (Romero et al., 2020).

En las cacaoteras el control de las malas hierbas resulta un grave problema debido a la competencia con las malas hierbas por el agua, la luz y los nutrientes. Además, muchas de estas plantas son hospedadoras de enfermedades e insectos plaga (Almeida, 2020).

El control de malezas consiste exactamente en mantener libre al cultivo de la competencia de malezas o hierbas dañinas, pues, en la etapa inicial, el cultivo es vulnerable a la competencia de las malezas, debido al crecimiento lento. Por lo tanto, es necesario realizar el control durante los primeros 3 a 4 meses después de la siembra, hasta conseguir que las plantas cubran la superficie o espacios entre plantas, a fin de obtener alto rendimiento (Caballero, 2019).

Los herbicidas son usados en presembrado, preemergencia o postemergencia, dependiendo de la selectividad del herbicida. Los herbicidas que actúan en el suelo son usados principalmente en tratamientos de presembrado o preemergentes, mientras que los postemergentes carecen de largo efecto residual en el suelo (FAO, 2019).

El periodo crítico de competencia se centra sobre todo en la etapa inicial de desarrollo de los cultivos debido al crecimiento lento que se da inicialmente, lo cual las hace menos competitivas con las malezas que se caracterizan por un crecimiento inicial bastante acelerado. Se considera de manera general que este periodo crítico de competencia para la mayoría de los cultivos es igual al primer tercio de la fase de crecimiento vegetativo, pero este varía de acuerdo a la morfología del cultivo, tasa de crecimiento y desarrollo, densidad de siembra y especies de malezas presentes (Marín et al., 2024).

La aplicación temprana del herbicida para eliminar la competencia de la maleza en cualquier sistema es una garantía para el crecimiento rápido y vigoroso del cultivo. El uso racional de herbicidas incrementa la productividad del cultivo. Los herbicidas usados correctamente y siguiendo las normas de aplicación normales no son un problema para el medio ambiente. Los herbicidas que actúan en el suelo normalmente se descomponen en el mismo en un periodo de 4 - 6 semanas después de su aplicación y aquellos de postemergencia se descomponen más rápidamente. El problema principal con el uso repetido de un mismo herbicida es la posibilidad de que algunas especies de malezas adquieran resistencia (Guaman et al., 2022).

El control químico de malezas es la mejor alternativa económica disponible para reducir significativamente los efectos de la competencia. Para este efecto, varios herbicidas son usados para controlar plántulas emergentes de malezas (Ormeño et al., 2020).

La interferencia y competencia de las malezas son una de las causas de los bajos rendimientos y pérdidas de las cosechas. Para el manejo de malezas se utilizan diferentes tácticas y alternativas, entre las que sobresale el uso de herbicidas. De ahí la importancia

de evaluar nuevas sustancias y formulados que sean poco residuales y efectivos sobre los enmalezamientos (Paredes y Tejeda, 2019).

El uso de herbicidas contribuye a controlar malezas, pero también pueden tener efecto fitotóxico sobre los cultivos, produciendo alteraciones en la fisiología de la planta. El daño puede ser tanto en tejidos aéreos como subterráneos y en ocasiones suele llegar a ser letal para el cultivo. Así, el control químico de malezas puede ser una técnica eficaz y económica si el herbicida es totalmente selectivo para la planta forrajera, de modo que no presente efectos de fitotoxicidad que perjudiquen el desarrollo o su rendimiento (Autrán, 2020).

La disminución en el rendimiento de los cultivos por malas hierbas es principalmente debida a la competencia por luz, agua y nutrientes. Además, existen otros factores que hacen que sea necesario su control: Mejora de la producción de cultivos, ya que se ha estimado que un importante porcentaje de las pérdidas en las producciones agrícolas es debido a las malas hierbas (De Prado y Cruz, 2020).

En las plantas el paraquat ejerce su actividad herbicida por interferir en el sistema intracelular de transferencia de electrones, inhibiendo la reducción del NADP a NADPH durante la fotosíntesis, cuando los radicales superóxidos (O_2^-), singlete de oxígeno (O_2^*), hidroxilo (OH^-) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) son formados en las plantas. Este proceso lleva a la destrucción de los lípidos de las membranas celulares por la polimerización de compuestos lipídicos insaturados (2). Sabemos que el principal componente del Paraquat es el cloro y que una vez aplicada es liberado, primero por su gran reactividad natural que posee y por la acción de los microorganismos, como el cloro, también el yodo o el ozono destruyen en forma permanente las células de las bacterias o parte de ellas, de modo que estas no pueden volver a reproducirse, estas sustancias actúan oxidando las enzimas y otros materiales del citoplasma de las células (Florida et al., 2018).

El Glufosinato de amonio es un compuesto que se usa como herbicida no selectivo, de gran aceptación en la agricultura moderna ya que solo actúa sobre las partes verdes de la planta. Contiene intrínsecamente al isómero L- de la fosfinotricina, responsable de la actividad herbicida, que inhibe la actividad de la enzima glutamina sintetasa, la cual interviene en la asimilación del nitrógeno y como resultado se alcanzan niveles tóxicos de amonio en las células de la planta (Reyes, 2021).

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de herbicidas en el control de malezas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

METODOLOGÍA

El presente trabajo experimental se realizó en los terrenos de propiedad del Sr. Rafael Almeida Vera, en el Rcto. Pueblo Nuevo, Parroquia Febres Cordero, cantón Babahoyo, entre las coordenadas geográficas de 010 94' 98" de Latitud Sur y 790 30' 81" de Longitud Oeste, con una altura de 8 msmn. Esta zona posee un clima tropical húmedo, con una temperatura promedio anual de 25 0C, una precipitación anual de 1845 mm, humedad relativa de 74 %, y está ubicada en una altura de 8 m.s.n.m. Se utilizaron materiales campo y el material de estudio, el cultivo de cacao establecido CCN-51. Se estudiaron dos factores: a) : presencia de malezas en el cultivo de cacao., y, b) dosis de producto a base de herbicidas. Los tratamientos que se aplicaron se describen a continuación:

Tabla 1.

Tratamientos estudiados sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao

Nº	Ingrediente activo	Concentración g/L	Dosis L/ha	Época de aplicación
T1	Propanil	400	3,0	Al inicio del ensayo
T2	Propanil	400	4,0	Al inicio del ensayo
T3	Paraquat	276	1,5	Al inicio del ensayo y posteriormente a los 30 días
T4	Paraquat	276	3,0	Al inicio del ensayo y posteriormente a los 30 días
T5	Glufosinato de Amonio	150	1,5	Al inicio del ensayo y posteriormente a los 30 días
T6	Glufosinato de Amonio	150	3,0	Al inicio del ensayo y posteriormente a los 30 días
T7	Diquat	374	1,0	Al inicio del ensayo y posteriormente a los 30 días
T8	Diquat	374	2,0	Al inicio del ensayo y posteriormente a los 30 días
T9	Testigo	-----	-----	-----

De acuerdo con los tratamientos planteados en el presente trabajo experimental se utilizó el diseño experimental "Bloques al azar", con 9 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia y para determinar la diferencia estadística entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

Manejo del ensayo

El control de malezas se realizó conforme los tratamientos detallados en la Tabla 1. Los herbicidas se aplicaron con una bomba de mochila CP-3 calibrada para un gasto de agua de 200 L/ha en cada aplicación. El control manual se efectuó con tres deshierbas a los 10 – 25 – 40 días después de iniciado el ensayo. El riego que se aplicó en el ensayo fue mediante aspersión subfoliar. Se efectuaron dos ciclos de podas. Una poda de formación a los 60 días después de instalado el ensayo. Una poda fitosanitaria a entradas de época lluviosa, para eliminar brotes muertos, chupones basales y escobas. Para el efecto se utilizaron tijeras de poda, serruchos curvos y pasta cúprica en el mes. Las herramientas fueron desinfectadas con una solución de formolina y las heridas curadas con óxido cuproso en pasta.

Se aplicó fertilizante nitrogenado en dosis de 120 kg/ha de manera mensual a partir de la implementación del ensayo. Los microelementos se aplicaron de manera foliar con los productos Metalosato Boro y Metalosato Zinc en dosis de 300 cc/ha cada 2 meses y 200 g/planta de materia orgánica. Se utilizaron reguladores de pH para evitar pérdidas por calidad de agua. La cosecha se realizó en cada parcela experimental de forma manual cuando las mazorcas alcancen su madurez fisiológica.

Variables evaluadas

Malezas existentes

Dentro de cada parcela experimental se determinó las malezas presentes en los diferentes tratamientos.

Índice de toxicidad

La selectividad de los herbicidas se realizó visualmente a los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días después de la aplicación, calificando mediante la escala convencional de la asociación latinoamericana de malezas (ALAM):

Tabla 2.

Escala de selectividad de los herbicidas de la asociación latinoamericana de malezas (ALAM):

Escala		Daño
0	:	Sin daño
1-3	:	Poco daño
4-6	:	Daño moderado
7-9	:	Daño severo
10	:	Muerte

Control de malezas

Para determinar el control de malezas, se realizó evaluación visual a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días de haber realizado la aplicación de los herbicidas en cada tratamiento calificándolo por medio de la escala de Henderson y Tilton:

$$\text{Eficacia del herbicida} = (1 - (Bn \times Uv / Bv \times Un)) \times 100$$

Dónde:

Uv = Número de malezas vivas testigo antes de la aplicación

Bv = Número de malezas vivas en cultivo tratado antes de la aplicación Un = Número de malezas vivas en el testigo después de la aplicación Bn = Numero de malezas en el tratado después de la aplicación

Diámetro de mazorca

Se midió en 10 mazorcas por tratamiento al azar, tomando la lectura en el centro de la mazorca. Para esto se utilizó un metro flexible y se expresó en centímetros.

Longitud de mazorca

Se midió en 5 mazorcas por tratamiento al azar, tomando la lectura desde el ápice de crecimiento hasta el pedúnculo floral. Se expresó en centímetros.

Número de mazorcas por árbol

Se evaluó escogiendo cinco arboles por tratamiento, en los cuales se contaron todas las mazorcas comerciales obtenidas durante el periodo del ensayo.

Número de semillas por mazorca

Se evaluó en 5 mazorcas por tratamiento, tomando el total de semillas presentes y que no tengan defectos de forma.

Peso promedio de la mazorca

Al momento de la cosecha, en cuatro plantas tomadas al azar, se procedió a pesar las mazorcas maduras y se dividió para el número de mazorcas obtenidas. Su peso promedio se expresó en gramos.

Peso de 100 semillas

Se tomó el peso de 100 semillas provenientes de la mazorca de diferentes plantas cosechadas acorde a los tratamientos, luego su resultado se expresará en gramos.

RESULTADOS

Índice de Toxicidad

En la Tabla 3, se muestran los promedios de índice de toxicidad a los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días después de la aplicación de los productos herbicidas. A los 7 días el uso de Propanil en dosis de 3,0 y 4,0 L/ha registraron 0,7 y 0,3 y Paraquat en dosis de 1,5 L/ha obtuvo 0,3 equivalente todos a sin daño según la escala de Alam a diferencia que de los otros tratamientos que se aplicó herbicidas no causaron daño al cultivo. A los 14 días se mantuvo igualmente sin daño en los mismos tratamientos, desapareciendo a partir de los 21 días, donde no se observó ningún daño en los tratamientos estudiados.

Tabla 3.

Índice de toxicidad, sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao.

Tratamientos			Índice de toxicidad					
N°	Ingrediente activo	Dosis L/ha	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días
T1	Propanil	3,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
T2	Propanil	4,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
T3	Paraquat	1,5	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
T4	Paraquat	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T5	Glufosinato de Amonio	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	Glufosinato de Amonio	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T7	Diquat	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T8	Diquat	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T9	Testigo	----	----	----	----	----	----	----
Promedio general			0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Significancia estadística								
Coeficiente de variación (%)								

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey

ns = no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

Control de malezas

Los valores de control de malezas a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días después de la aplicación de productos se muestran en el Cuadro 3. El análisis de varianza alcanzó diferencias significativas en todas las evaluaciones. Los coeficientes de variación fueron 11,20; 10,56; 10,07; 10,10; 10,52 y 10,02 %, respectivamente. En todas las evaluaciones, el mejor control de malezas se obtuvo aplicando Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha con 91,0 %, estadísticamente igual a las demás aplicaciones de tratamientos herbicidas, siendo el menor promedio para el uso de Propanil en dosis de 3,0 L/ha que presentó 60,0 % de control de malezas.

Tabla 4.

Control de malezas, sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao

Tratamientos			Control de malezas					
Nº	Ingrediente activo	Dosis L/ha	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días	49 días
T1	Propanil	3,0	59,0b	60,0 b	60,0 b	60,0 b	60,0 b	60,0 b
T2	Propanil	4,0	60,0b	79,1 ab	78,7 ab	78,2 ab	79,9 ab	79,9 ab
T3	Paraquat	1,5	82,3ab	82,3 ab	82,3 ab	82,3 ab	82,3 ab	82,3 ab
T4	Paraquat	3,0	82,3ab	83,3 ab	83,3 ab	83,3 ab	83,3 ab	83,3 ab
T5	Glufosinato de Amonio	1,5	83,3ab	88,8 a	88,4 a	87,9 a	89,6 a	89,6 a
T6	Glufosinato de Amonio	3,0	91,0a	91,0 a	91,0 a	91,0 a	91,0 a	91,0 a
T7	Diquat	1,0	81,3ab	81,3 ab	81,3 ab	81,3 ab	81,3 ab	81,9 ab
T8	Diquat	2,0	80,3ab	80,1 ab	80,7 ab	80,2 ab	80,9 ab	81,3 ab
T9	Testigo	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Promedio general			77,5	80,8	80,7	80,5	81,1	81,2
Significancia estadística			*	*	*	*	*	*
Coeficiente de variación (%)			11,20	10,56	10,07	10,10	10,52	10,02

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.

ns = no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

Diámetro de mazorcas

En la Tabla 5, se observa los valores promedios de diámetro de mazorcas. El análisis de varianza detectó diferencias significativas, el promedio general fue 8,97 cm y el coeficiente de variación 2,13 %. El mayor diámetro de mazorcas fue para los tratamientos que se aplicó Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha (9,20 cm), superiores estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el menor promedio para el testigo absoluto (8,62 cm).

Tabla 5.

Diámetro de mazorcas, sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao

N°	Tratamientos		Diámetro de mazorcas	
	Ingrediente activo	Dosis L/ha		
T1	Propanil	3,0	8,83	ab
T2	Propanil	4,0	8,85	ab
T3	Paraquat	1,5	9,08	ab
T4	Paraquat	3,0	9,08	ab
T5	Glufosinato de Amonio	1,5	9,14	ab
T6	Glufosinato de Amonio	3,0	9,20	a
T7	Diquat	1,0	9,05	ab
T8	Diquat	2,0	8,87	ab
T9	Testigo	-----	8,62	b
Promedio general			8,97	
Significancia estadística			*	
Coeficiente de variación (%)			2,13	

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.

ns = no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

Longitud de mazorcas

Se observaron diferencias altamente significativas, el promedio general fue 22,00 cm y el coeficiente de variación 2,31 % (Tabla 6). La aplicación de Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha registró mayor promedio con 23,73 cm, estadísticamente superior a los demás tratamientos, cuyo menor promedio lo obtuvo el testigo absoluto con 21,05 cm.

Tabla 6.

Longitud de mazorcas, sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao

N°	Tratamientos		Longitud de mazorcas	
	Ingrediente activo	Dosis L/ha		
T1	Propanil	3,0	21,50	bc
T2	Propanil	4,0	21,62	bc
T3	Paraquat	1,5	21,89	bc
T4	Paraquat	3,0	21,95	bc
T5	Glufosinato de Amonio	1,5	22,80	ab
T6	Glufosinato de Amonio	3,0	23,73	a
T7	Diquat	1,0	21,80	bc
T8	Diquat	2,0	21,67	bc
T9	Testigo	-----	21,05	c
Promedio general			22,00	
Significancia estadística			**	
Coeficiente de variación (%)			2,31	

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.

ns = no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

Mazorcas por planta

En lo referente a mazorcas por planta, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas, el promedio general fue de 4 mazorcas y el coeficiente de variación fue 23,09 %, según se refleja en la Tabla 7. Las aplicaciones de Paraquat en dosis de 1,5 y 3,0 L/ha, Glufosinato de Amonio en dosis de 1,5 y 3,0 L/ha y Diquat en dosis de 1,0 L/ha registraron promedio de 4 mazorcas por planta; mientras que el resto de tratamientos mostraron 3 mazorcas por planta.

Tabla 7.

Mazorcas por planta, sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao

N°	Tratamientos		Mazorcas/ planta
	Ingrediente activo	Dosis L/ha	
T1	Propanil	3,0	3
T2	Propanil	4,0	3
T3	Paraquat	1,5	4

T4	Paraquat	3,0	4
T5	Glufosinato de Amonio	1,5	4
T6	Glufosinato de Amonio	3,0	4
T7	Diquat	1,0	4
T8	Diquat	2,0	3
T9	Testigo	-----	3
Promedio general			4
Significancia estadística			ns
Coeficiente de variación (%)			23,09

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.

ns = no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

Semillas por mazorca

En la variable semillas por mazorca, el análisis de varianza reportó diferencias significativas. El promedio general fue 42 semillas por mazorca y el coeficiente de variación fue 6,66 % (Tabla 8). La aplicación de Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha superó los promedios con 48 semillas por mazorca, estadísticamente igual a los demás tratamientos, cuyo menor promedio lo obtuvo el testigo absoluto con 38 semillas por mazorca.

Tabla 8.

Semillas por mazorca, sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao

N°	Tratamientos		Semillas/ mazorcas	
	Ingrediente activo	Dosis L/ha		
T1	Propanil	3,0	40	b
T2	Propanil	4,0	41	ab
T3	Paraquat	1,5	44	ab
T4	Paraquat	3,0	44	ab
T5	Glufosinato de Amonio	1,5	48	a
T6	Glufosinato de Amonio	3,0	41	ab
T7	Diquat	1,0	43	ab
T8	Diquat	2,0	42	ab

T9	Testigo	-----	38	b
Promedio general			42	
Significancia estadística			*	
Coeficiente de variación (%)			6,66	
Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.				
ns = no significativo				
*= significativo				
** = altamente significativo				

Peso promedio de mazorca

En la Tabla 9, se observa los valores del peso promedio de mazorca. El análisis de varianza detectó diferencias significativas, el promedio general fue 660,1 g y el coeficiente de variación 4,38 %. El mayor peso promedio de mazorca fue para los tratamientos que se aplicó Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha (721,3 g), estadísticamente igual a los demás tratamientos, siendo el menor promedio para el testigo absoluto (622,0 g).

Tabla 9.

Peso promedio de mazorca, sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao

Tratamientos			Peso	
N°	Ingrediente activo	Dosis L/ha	promedio de mazorca	
T1	Propanil	3,0	640,3	ab
T2	Propanil	4,0	641,7	ab
T3	Paraquat	1,5	661,0	ab
T4	Paraquat	3,0	674,0	ab
T5	Glufosinato de Amonio	1,5	683,3	ab
T6	Glufosinato de Amonio	3,0	721,3	a
T7	Diquat	1,0	654,3	ab
T8	Diquat	2,0	643,3	ab
T9	Testigo	-----	622,0	b
Promedio general			660,1	
Significancia estadística			*	
Coeficiente de variación (%)			4,38	

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.

ns = no significativo
*= significativo
** = altamente significativo

Peso de 100 semillas

En lo que respecta al peso de 100 semillas, el análisis de varianza mostró diferencias significativas, el promedio general fue 70,7 g y el coeficiente de variación fue 7,09 %, según se refleja en la Tabla 10. Las aplicaciones de Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha registraron promedio de 81,5 g, estadísticamente superior al resto de tratamientos, cuyo menor promedio fue para el tratamiento testigo con 65,0 g.

Tabla 10.

Peso de 100 semillas, sobre herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de cacao

Tratamientos			Peso de 100 semillas	
Nº	Ingrediente activo	Dosis L/ha		
T1	Propanil	3,0	66,5	b
T2	Propanil	4,0	67,4	ab
T3	Paraquat	1,5	71,4	ab
T4	Paraquat	3,0	72,9	ab
T5	Glufosinato de Amonio	1,5	74,9	ab
T6	Glufosinato de Amonio	3,0	81,5	a
T7	Diquat	1,0	68,4	ab
T8	Diquat	2,0	68,1	ab
T9	Testigo	-----	65,0	b
Promedio general			70,7	
Significancia estadística			*	
Coeficiente de variación (%)			7,09	

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.

ns = no significativo
*= significativo
** = altamente significativo

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que el uso de herbicidas en el cultivo de cacao puede ser una herramienta eficaz para el manejo de malezas sin generar daños

significativos a la planta cuando se aplican correctamente. En particular, se destacó el Glufosinato de Amonio a 3,0 L/ha como el tratamiento más efectivo tanto en el control de malezas como en la mejora de variables agronómicas del cultivo.

En lo que respecta al índice de toxicidad, los tratamientos no presentaron efectos negativos severos sobre las plantas de cacao. Los valores más altos registrados (0,7 y 0,3) fueron clasificados como daño leve y desaparecieron completamente a los 21 días, lo que concuerda con Autrán et al. (2015), quienes mencionan que la fitotoxicidad de los herbicidas puede ser transitoria y depende de su selectividad y modo de acción. Este resultado también está en línea con las recomendaciones de uso racional de herbicidas planteadas por FAO (2019), quienes destacan la rápida degradación de productos postemergentes en el suelo.

En cuanto al control de malezas, el tratamiento con Glufosinato de Amonio a 3,0 L/ha fue significativamente superior (91% de eficacia a los 49 días), siendo estadísticamente diferente del testigo y otros tratamientos. Esto coincide con lo expuesto por Reyes et al. (2010), quienes señalan que el Glufosinato actúa inhibiendo la enzima glutamina sintetasa, lo que interfiere en la asimilación del nitrógeno y resulta en la acumulación tóxica de amonio, llevando a la muerte de las malezas.

Respecto a las variables de rendimiento y crecimiento del cultivo, se observó que el mismo tratamiento (Glufosinato 3,0 L/ha) presentó los valores más altos en diámetro y longitud de mazorca, número de semillas por mazorca, peso promedio de la mazorca y peso de 100 semillas, variables todas con significancia estadística. Esta superioridad puede deberse a la reducción de la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes, un fenómeno ampliamente descrito por De Prado y Cruz (2020), quienes afirman que la presencia de malezas puede reducir considerablemente el rendimiento del cultivo.

En particular, el diámetro (9,20 cm) y la longitud de mazorca (23,73 cm) fueron significativamente mayores que en el tratamiento testigo, lo que evidencia que el control eficiente de malezas durante las etapas iniciales del desarrollo del cultivo puede impactar directamente en su productividad, como lo señala Caballero (2019), quien destaca que el período crítico de competencia es especialmente sensible en los primeros meses tras la siembra.

Aunque el número de mazorcas por planta no mostró diferencias estadísticamente significativas, se observó una ligera ventaja en los tratamientos con herbicidas frente al testigo, lo que sugiere una tendencia positiva. Similar patrón se observó en estudios de

Ormeño et al. (2020), quienes reportaron que la reducción de la competencia por malezas permite un mejor desarrollo estructural y fisiológico del cultivo.

Finalmente, es importante resaltar que todos los tratamientos con herbicidas mostraron niveles aceptables de seguridad para el cultivo y eficacia en el control de malezas, lo que confirma lo señalado por Romero et al. (2020), quienes destacan el papel fundamental del control químico como estrategia costo-efectiva en la agricultura moderna, siempre que se realice una selección adecuada del herbicida y su dosis.

CONCLUSIONES

Los herbicidas utilizados en el cultivo cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Pueblo Nuevo, cantón Babahoyo, obtuvieron daño leve en lo referente a índice de toxicidad a los 7 y 14 días, desapareciendo desde los 21 días.

El mayor control de malezas desde los 14 hasta los 49 días lo presentó el tratamiento que se utilizó de Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha.

Las variables de diámetro y longitud de mazorca, mazorcas por planta, semillas por mazorcas, peso promedio de mazorca y peso de 100 semillas reportaron los mayores promedios cuando se utilizó Glufosinato de Amonio en dosis de 3,0 L/ha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Vera, R. E. (2020). *Estudio de herbicidas en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la zona de Pueblo Nuevo, cantón Babahoyo* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo.
- Autrán, V., Puricelli, C., Jamez, A. (2020). Fitotoxicidad de herbicidas postemergentes sobre *Adesmia bicolor* (Poir.) DC y control de malezas asociadas. *Agriscientia*, 30 (2), 57-67.
- Caballero, J. (2019). Control de malezas. <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/control-de-malezas-1163718.html>
- De Prado, R., Cruz, H. (2020). *Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas*. Departamento de Química Agrícola y Edafología, Campus de Rabanales, Edif. Marie Curie, 14071-Córdoba, España
- FAO. (2019). *Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible*. <https://www.fao.org/sustainability/es>
- Florida, N., López, C., & Pocomucha, V. (2018). Efecto del herbicida paraquat y glifosato en propiedades del suelo que condicionan el desarrollo de bacterias y fungi. *RevIA*, 2(1-2).
- Guamán Ilvis, G. V., Andrade Yarpas, M. D., Carrera Oscullo, P. D., & Taco Ugsha, M. Á. (2022). Aplicación integral de herbicidas mediante selector en cultivos de cacao en Sucumbíos - Ecuador. *Green World Journal*, 5(2), 18. <https://doi.org/10.53313/gwj520018>
- Intagri. (2020). *Control de Malezas en Cultivos Hortícolas*. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-de-malezas-en-cultivos>
- Kalvatchet, Z., Garzaro, D., Guerra, F. (2020). *Theobroma cacao. Un nuevo enfoque para nutrición y salud*. *Agroalimentaria*. N° 6.
- Latacela, W., Colina, E., Castro, C., Santana, D., León, L., García, G., Goyes, M., Vera, M. (2018). Efectos de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre poblaciones de micorrizas asociadas al cultivo de cacao. *European Scientific Journal February*, 13, 6, ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- Marín-Cuevas, C. V., Menace-Almea, M. A., Carranza-Patiño, M., Herrera-Feijoo, R. J., & Tuárez-Villacís, G. J. (2024). Fitotoxicidad del mucílago de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao CCN-51 *Theobroma cacao* L. *Código Científico*

-
- Revista De Investigación*, 5(1), 710–729.
<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n1/405>
- Ministerio de Agricultura. (2019). *Cifras Agroproductivas de Cacao*.
<http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivasen>
- Ormeño, J., Fuentes, F., Soffia, V. (2020). Tolerancia del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) A aplicaciones post trasplante del herbicida halosulfuron-metil. *Agricultura Técnica*, 63(2). 1-18.
- Paredes, E., Tejeda, M. (2019). Manejo de arvenses en maíz (*Zea mays* L.) en sucesión con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y el uso de herbicidas. *Fitosanidad: un enfoque de sanidad vegetal*, 19(2), 25-38.
- Quiroz, J., Amores, F. (2019). *Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* No. 63 p. 73 – 80.
- Reyes, M., Gómez-Kosky, R., Bermúdez-Caraballoso, I., Chong-Pérez, B. (2021). Determinación de la concentración mínima letal de glufosinato de amonio en diferentes materiales vegetales de banano cv. 'Grande naine' (Musa AAA). *Bioteología Vegetal*, 10(3).
- Romero Garrido, Luis; Díaz. Álvarez, Maximino E. (2020) Control de malezas por medios mecánicos en el cultivo del arroz en el sector no especializado. *Primera parte Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20 (1), 12-15