

EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PREEMERGENTES PARA EL CONTROL DE ARVENSES EN CAMOTE

Franklin Herrera-Murillo¹*, Grettel Picado-Arroyo²

Palabras clave: Malezas; competencia; herbicidas; *Ipomoea batatas*; rendimiento.

Keywords: Weeds; competition; herbicides; *Ipomoea batatas*; yield.

Recibido: 28/02/22

Aceptado: 07/07/22


RESUMEN

Introducción. Un manejo inadecuado de las arvenses puede disminuir el rendimiento del camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y en Costa Rica son escasas las publicaciones que documenten alternativas de control químico en este cultivo. **Objetivo.** Identificar herbicidas preemergentes efectivos en el control de las arvenses y selectivos al camote variedad Zanahoria. **Materiales y métodos.** El experimento se realizó de setiembre a diciembre de 2019 en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, Alajuela. Se utilizaron esquejes de 4 a 5 nudos de la variedad de camote Zanahoria, a una densidad de 22 222 plantas por hectárea. Los tratamientos fueron metribuzin 0,6 kg ia.ha⁻¹, pendimetalina 1,5 kg ia.ha⁻¹, clomazone 0,48 kg ia.ha⁻¹, metribuzin 0,6 kg ia.ha⁻¹ + pendimetalina 1,5 kg ia.ha⁻¹, y metribuzin 0,6 kg ia.ha⁻¹ + clomazone 0,48 kg ia.ha⁻¹, aplicados 5 días después del trasplante y en preemergencia


de las arvenses. Se consideró además un testigo con deshierba a los 20 y 40 días después de la siembra, y otro con libre crecimiento de arvenses. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 7 tratamientos y 4 repeticiones. **Resultados.** La mezcla metribuzin + clomazone fue el tratamiento químico más eficaz, ya que aún 75 días después de la aplicación presentó un control de arvenses de hoja ancha de 93%, poáceas de 95% y Commelinaceae del 100%, con solo un 4% de cobertura de arvenses y un rendimiento comercial de 13,5 t.ha⁻¹. Estadísticamente la mezcla metribuzin + clomazone presentó un rendimiento comercial igual al testigo con deshierbas (14,1 t.ha⁻¹). El metribuzin causó daños leves en las plantas de camote, pero estas se recuperaron a los 15 días después de la aplicación. La presencia de arvenses durante el ciclo del cultivo redujo en 89% el rendimiento de camotes comercializables. **Conclusión.** La mejor alternativa química para el manejo de las arvenses y la producción de camotes comercializables fue metribuzin + clomazone.

* Autor para correspondencia. Correo electrónico: franklin.herrera@ucr.ac.cr

1 Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Proyecto 736A2801, Alajuela, Costa Rica.

 0000-0001-5106-7940.

2 Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Proyecto 736A2801, Alajuela, Costa Rica.

 0000-0002-0251-2224.

ABSTRACT

Evaluation of pre-emergent herbicides for weed control in sweet potato. Introduction.

Inadequate weed management can reduce sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) yield and in Costa Rica there are few publications that document chemical control alternatives in this crop. **Objective.** To identify effective pre-emergent herbicides for weed control and selective for sweet potato variety “Carrot”. **Materials and methods.** The experiment was conducted from September to December 2019, at the Experiment Station Fabio Baudrit Moreno of the University of Costa Rica, Alajuela. Cuttings with 4 to 5 nodes of the “Carrot” sweet potato variety were used, at a density of 22 222 plants per hectare. Treatments were metribuzin 0.6 kg ai per ha, pendimethalin 1.5 kg ai per ha, clomazone 0.48 kg ai per ha, metribuzin 0.6 kg ai per ha + pendimethalin 1.5 kg ai per ha, and metribuzin 0.6 kg ai per ha + clomazone 0.48

kg ai per ha, all applied 5 days after transplant and before emerging of weeds. A control was also used with weeding at 20 and 40 days after sowing, and another with free growth of weeds. A randomized complete block experimental design with 7 treatments and 4 replications was used. **Results.** Metribuzin + clomazone mixture was the most effective chemical treatment, since at 75 days after application it still presented the highest weed control (broadleaf 93%, poaceae 95%, Commelinaceae 100%) with only 4% weed coverage, and a commercial yield of 13.5 t per ha. Statistically the metribuzin + clomazone mixture presented a commercial yield equal to the control with weeding (14.1 t per ha). Metribuzin caused slight damage to sweet potato plants, but they recovered at 15 days after application. The presence of weeds during the crop cycle reduced the yield of marketable sweet potatoes by 89%. **Conclusion.** The best chemical alternative for weed management and production of marketable sweet potatoes was metribuzin + clomazone.

INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam., familia Convolvulaceae conocido también como batata o boniato, es originario de Centro y Sur América, desde donde pasó a muchas regiones del mundo, China es el principal productor (Tai-Hua y Peng-Gao 2019). Sus raíces reservantes se utilizan para consumo fresco, así como alimento procesado, alimentación animal (El Sheikha y Ray 2017, Tai-Hua y Peng-Gao 2019, Alam 2021), y para la producción de etanol (Anaya *et al.* 2008, Lopes *et al.* 2018).

En Costa Rica es un cultivo a pequeña escala, aunque en el 2020 se cultivaron en el mundo 7 400 472 ha con una producción de 89 487 835 toneladas métricas, para un rendimiento promedio de 12,09 t.ha⁻¹ (FAO 2020). El Censo Agropecuario del 2014, indica que en ese año se cultivó camote en 919 fincas, en 528 ha, de las cuales el 70% se ubicó en la Región

Huetar Norte, provincia de Alajuela (INEC 2022). Se considera un cultivo de importancia para el consumo humano y con potencial de exportación, sobre todo con la introducción de nuevas variedades que comparativamente ofrecen mayor rendimiento que el camote var. Criollo. Dentro de las nuevas variedades destaca la variedad Zanahoria de piel rosado-naranja, pulpa crema-naranja, con ciclo de 100 días y potencial de rendimiento de 48 t.ha⁻¹ (Castillo *et al.* 2014).

El libre crecimiento de arvenses durante el ciclo del cultivo puede causar pérdidas entre 81 y 99% en la producción de raíces reservantes comerciales según el cultivar, la densidad y tipos de arvenses dominantes (dos Santos *et al.* 2018). Sin embargo, es en sus primeras etapas es donde ocurre la mayor vulnerabilidad por competencia con arvenses, por lo cual el control de éstas, debe enfocarse durante el periodo crítico de esa competencia. Talatala *et al.* (1978)

determinaron el periodo crítico de competencia del camote entre 0 y 4 semanas después del trasplante (sdt); mientras que Seem *et al.* (2003) lo señalan entre 2 y 6 sdt, y Levett (1992) entre 1 y 8 sdt. Estas diferencias de semanas pueden deberse a que el periodo crítico de competencia cambia según la variedad, localidad, tipo y densidad de arvenses, lo que hace que los periodos críticos reportados en la literatura estén entre 0 y 8 semanas después del trasplante.

Dentro de las estrategias más comunes para el manejo de arvenses, están las deshierbas mecánicas y el uso de herbicidas preemergentes para minimizar la presencia de arvenses durante el periodo crítico de competencia. En Costa Rica no se identificó ningún herbicida registrado para este cultivo. Sin embargo, en otros países existen evaluaciones sobre eficacia y selectividad de varios herbicidas preemergentes en camote, entre los que destacan ingredientes activos como pendimetalina, especialmente para control de poáceas (Meyers *et al.* 2019, Hormenoo *et al.* 2021), metribuzin para control de hoja ancha y poáceas (Glaze y Hall 1990, Motsenbocker y Monaco 1993, Meyers *et al.* 2013), y clomazone, aplicado entre 0 y 5 días después del trasplante del camote, para control de poáceas y hojas anchas (Harrison y Jackson 2011, Meyers *et al.* 2013, dos Santos *et al.* 2018, Dittmar y Boyd 2020).

En Costa Rica, se hace necesario evaluar herbicidas preemergentes, especialmente en variedades mejoradas, para ofrecer a los productores, opciones de combate químico, así como recomendaciones más precisas sobre herbicidas para el control de arvenses sin causar efectos negativos en el cultivo.

El objetivo de este experimento fue identificar tratamientos con herbicidas preemergentes que, aplicados temprano en postrasplante, resulten efectivos en el control de las arvenses asociadas al cultivo y selectivos para el camote variedad Zanahoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el lote 27 de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica, ubicada en La Garita, Alajuela, Costa Rica (N 10°00'26"; O 84°15'57) a 840 msnm y clasificada dentro de la zona de vida bosque húmedo premontano (Holdrige 1982). La preparación del terreno consistió en un pase de arado de disco, 2 pases de rastra y conformación de lomillos de 0,5 m de alto, distanciados a 0,9 m entre sí. El suelo fue de textura franco (50% arena, 28% limo, 22% arcilla) y 5,3% de materia orgánica. Los datos del análisis químico del suelo se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico del suelo donde se instaló el experimento de herbicidas preemergentes en camote, var. Zanahoria. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, Costa Rica. 2019.

Análisis químico del suelo													
Solución Extractora:		pH	cmol(+).L ⁻¹					%	mg.L ⁻¹				
KCl-Olsen Modificado		H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
ID USUARIO	ID LAB	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
LOTE 27	S-22-00819	6,0	0,11	9,80	4,19	0,76	14,86		0,7	9	2,2	19	172

Los valores debajo de cada elemento corresponden con los Niveles Críticos generales para la solución extractora usada.

CICE=Capacidad de intercambio de Cationes Efectiva=Acidez+Ca+Mg+K.

SA=Porcentaje de Saturación de Acidez=(Acidez/CICE)*100.

Dos días antes de la siembra del camote, se aplicó el herbicida glufosinato de amonio ($0,45 \text{ kg ia.ha}^{-1}$) para eliminar la vegetación presente en estado de 2 a 5 hojas. La siembra del camote se hizo el 1 de setiembre de 2019, con esquejes de 4 a 5 nudos, 2 de ellos enterrados. La distancia de siembra fue de $0,5 \text{ m}$ entre esquejes y $0,9 \text{ m}$ entre lomillos ($22 \text{ 222 plantas.ha}^{-1}$). Se fertilizó con espeque, 21 días después de la siembra a razón de 27 kg.ha^{-1} de nitrógeno, 81 kg.ha^{-1} de fósforo y 27 kg.ha^{-1} de potasio.

Los tratamientos evaluados se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento.
Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno.
Alajuela, Costa Rica. 2019.

# Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis kg ia.ha^{-1}
1	Metribuzin	0,6
2	Pendimetalina	1,5
3	Clomazone	0,48
4	Metribuzin + pendimetalina	0,6 + 1,5
5	Metribuzin + clomazone	0,6 + 0,48
6	Testigo con deshiera 20 y 40 dds	---
7	Testigo a libre crecimiento de arvenses	---

La aplicación de los herbicidas se hizo entre 8 y 10 de la mañana, 5 días después de la siembra del camote. Se utilizó un aspersor de motor con barra de 7 boquillas antideriva 110015, calibrado para aplicar un volumen de 300 l de caldo. ha^{-1} . Durante la aplicación el viento fue calmo, día nublado y suelo húmedo debido a que llovió la noche anterior.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Cada parcela experimental estuvo conformada por 5

surcos de 5 m de largo, de los cuales los 3 surcos centrales, menos $0,5 \text{ m}$ en cada uno de sus extremos, conformaron la parcela útil. El experimento fue diseñado para evaluar el efecto de los tratamientos por grupos de arvenses (hojas anchas, poáceas, commelináceas y ciperáceas). No se analizaron las ciperáceas debido a que se presentaron en baja densidad y una vez evaluada, ninguno de los tratamientos tuvo efecto sobre ellas.

Este experimento se realizó en el periodo de setiembre a diciembre de 2019, de manera que los 3 primeros meses de su ciclo de vida ocurrió en la estación lluviosa, en la cual se mantuvo suficiente humedad para la actividad herbicida y para el crecimiento del cultivo; mientras que en los últimos 10 días de su ciclo no llovió, pero el cultivo estaba próximo a la cosecha por lo que no se aplicó riego.

Las variables evaluadas fueron:

- Número y porcentaje de control de arvenses de hoja ancha, poáceas y commelináceas a los 15, 35 y 75 días después de la aplicación de los herbicidas (dda). Se utilizó la escala porcentual de Frans *et al.* 1986.
- Fitotoxicidad en las plantas de camote a los 15 y 35 dda. Se utilizó una escala porcentual de 0 a 100, donde 0 fueron plantas sin síntomas, 1 a 10 daños muy leves, 11 a 25% daños leves; 26 a 50% daños moderados; 51 a 75% daños severos; 76 a 99% daños muy severos y 100% muerte de todas las plantas.
- Porcentaje de cobertura de las arvenses y del follaje del camote a los 35 y 75 ddah. Para estimar los datos de porcentaje se utilizó un marco de 1 m^2 con 100 cuadrículas, se contó el número de cuadrículas ocupadas por las plantas de camote, o por los grupos de arvenses antes indicados.
- Rendimiento de los camotes de primera (sanos de 200 a 500 g), segunda (sanos de 80 a 199 g), rechazo (dañados, muy deformes o con menos de 79 g), y total comercial (primera y segunda). La clasificación de las categorías de camote se hizo según

la utilizada por los productores de camote que comercializan en el Centro Nacional de Abastecimiento (CENADA).

Los datos fueron sometidos a análisis de cumplimiento de los supuestos del Andeva, si no se cumplió con alguno de estos supuestos, se aplicó Kruskal-Wallis, y donde estos supuestos se cumplieron se hizo un ANOVA y comparación de medias por la prueba de DMS al 1%.

RESULTADOS

Especies de arvenses presentes en el experimento. El experimento inició con 0 arvenses al momento de la aplicación de los herbicidas, ya que se aplicó glufosinato de amonio 3 días antes. La clasificación de las arvenses presentes se hizo 2 semanas después de la siembra en 8 parcelas testigo sin control de malezas ubicadas dentro del mismo experimento. Las especies que se presentaron se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Especies presentes en el lote 27 donde se realizó el experimento con herbicidas preemergentes en camote. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, Costa Rica. 2019.

Especie	Familia	Nombre común
<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.ex.Rich) DC	Asteraceae	Flor amarilla
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Asteraceae	Mielcilla
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	Santa Lucía
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Verdolaga
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton.	Poaceae	Invasor
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poaceae	Pata de gallina
<i>Sorghum sudanensis</i> (Piper) Stapf.	Poaceae	Sorgillo
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poaceae	Arrocillo
<i>Ixophorus unisetus</i> (J.Presl) Schldl	Poaceae	Honduras
<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Commelinaceae	Siempre viva
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Coyolillo morado
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	Coyolillo amarillo

Las especies presentes de forma abundante fueron *Melampodium divaricatum* (Rich. ex.Rich) DC., *Galinsoga parviflora* Cav., *Sorghum sudanensis* (Piper) Stapf., *Ixophorus unisetus* (J.Presl) Schldl., y *Commelina diffusa* Burm.f.

Eficacia de los herbicidas sobre las arvenses de hoja ancha. El menor número de arvenses de hoja ancha durante el periodo de evaluación se observó en los tratamientos que incluyeron metribuzin, con valores entre 1 y 13 plantas por m², en contraposición al testigo enmalezado que llegó a tener 67 malezas de hoja

ancha por m² a los 75 días después de la aplicación de los herbicidas (dda). Consecuentemente, en los mismos tratamientos con metribuzin se registró el mayor porcentaje de control, con valores de 88 a 100% cuando se aplicó el metribuzin solo, o entre 91 a 100% de control cuando se aplicó en mezcla con clomazone o con pendimetalina respectivamente (Tabla 4). La pendimetalina y el clomazone aplicados solos, no tuvieron efecto sobre las especies de hoja ancha presentes, debido a que son herbicidas con acción principalmente sobre especies de la familia Poaceae.

Tabla 4. Número y porcentaje de control de arvenses de hoja ancha con herbicidas preemergentes en camote. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamientos (herbicidas kg ia.ha ⁻¹)	Número de plantas de hojas ancha por m ² ***			% control de arvenses de hoja ancha ***		
	15 dda**	35 dda	75 dda	15 dda	35 dda	75 dda**
Testigo enmalezado	27 a	66 a	67 a	---	---	---
Deshierba 20 y 40 dds*	31 a	62 a	56 a	0 b	60 b	75 ab
Metribuzin 0,6	1 b	7 b	9 b	100 a	97 a	88 ab
Pendimetalina 1,5	15 ab	23 ab	30 ab	21 b	47 b	9 b
Clomazone 0,48	13 ab	20 ab	24 ab	86 ab	85 ab	36 b
Pendimetalina 1,5 + Metribuzin 0,6	2 b	12 ab	13 ab	98 ab	97 a	91 ab
Clomazone 0,48 + Metribuzin 0,6	1 b	4 b	5 b	100 a	98 a	93 a

*dds = días después de la siembra. Las deshierbas se hicieron 5 días después del conteo de arvenses.

**dda = días después de la aplicación de los herbicidas.

***Los valores de estas variables corresponden a medias reales, letras iguales en una misma columna indican que las diferencias entre ellas no son estadísticamente significativas, según prueba de pares con probabilidad 0,05. Datos analizados por Kruskal-Wallis dado que no se cumplieron todos los supuestos del análisis de variancia. Para la variable porcentaje de control no se presentan datos para el testigo enmalezado ya que éste se utilizó como referencia para estimar los valores porcentuales de los demás tratamientos.

Eficacia de los herbicidas sobre las arvenses de la familia Poaceae. El metribuzin y el clomazone, tanto aplicados solos, como en mezcla, y metribuzin + pendimetalina, redujeron significativamente el número de arvenses de la familia Poaceae en comparación al testigo enmalezado. En estos tratamientos herbicidas durante el periodo de evaluación no se superó las 6 arvenses por m² (Tabla 5). En cuanto al porcentaje de control de estas arvenses, la mezcla metribuzin + clomazone fue la más efectiva, con 94 a 97% de control en el periodo de evaluación, seguida de la mezcla metribuzin + pendimetalina

con valores de 92 a 86% de control (Tabla 5). Metribuzin y clomazone, aplicados solos, mostraron porcentajes de control entre 85 y 92% hasta los 35 dda, pero estos porcentajes de control bajaron a valores de 61 y 64% a los 75 dda, debido a nueva emergencia de algunas plantas de *Sorghum sudanensis* (Piper) Stapf. e *Ixophorus unisetus* (J.Presl) Schltl, especies de mayor abundancia en el experimento. Por el contrario, los bajos porcentajes de control de poáceas (20 a 53%) con la pendimetalina se deben a que no fue efectiva contra *S. sudanensis*, pero sí contra las otras poáceas presentes.

Tabla 5. Número y porcentaje de control de poáceas con herbicidas preemergentes en camote. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamientos (herbicidas kg ia.ha ⁻¹)	Número de poáceas por m ² ***			% control de poáceas***		
	15 dda	35 dda	75 dda**	15 dda	35 dda	75 dda
Testigo enmalezado	14 a	15 ab	17 a	---	---	---
Deshierba 20 y 40 dds*	8 ab	19 a	20 a	0 b	58 b	70 ab
Metribuzin 0,6	3 b	4 b	5 b	90 ab	88 ab	61 b
Pendimetalina 1,5	7 ab	9 ab	12 ab	20 b	53 b	35 b
Clomazone 0,48	1 b	2 b	4 b	85 ab	92 ab	64 b
Pendimetalina 1,5 + Metribuzin 0,6	6 ab	4 b	5 b	92 a	89 ab	86 ab
Clomazone 0,48 + Metribuzin 0,6	3 b	3 b	3 b	94 a	97 a	95 a

*dds = días después de la siembra. Las deshierbas se hicieron 5 días después del conteo de arvenses.

**dda = días después de la aplicación de los herbicidas.

***Los valores de estas variables corresponden a medias reales, letras iguales en una misma columna indican que las diferencias entre ellas no son estadísticamente significativas, según prueba de pares con probabilidad 0,05. Datos analizados por Kruskal-Wallis dado que no se cumplieron todos los supuestos del análisis de variancia. Para la variable porcentaje de control no se presentan datos para el testigo enmalezado ya que éste se utilizó como referencia para estimar los valores porcentuales de los demás tratamientos.

Eficacia de los herbicidas sobre arvenses de la familia Commelinaceae. De la familia Commelinaceae solo se registró la presencia de *Commelina diffusa*, con distribución uniforme en el lote donde se realizó el experimento. El metribuzin fue el único herbicida efectivo contra *C. diffusa*. No hubo presencia de esta arvense en este tratamiento y el porcentaje de control fue del 100% (Tabla 6). De manera similar, en

las mezclas de metribuzin con pendimetalina o con clomazone solo se registró una planta de *C. diffusa* por m² a los 75 días después de aplicados los herbicidas, por lo que, el porcentaje de control varió desde un 100% a los 15 días después de aplicados los herbicidas hasta un 95% de control a los 75 dda. Los herbicidas pendimetalina y clomazone no tuvieron efecto sobre esta arvense (Tabla 6).

Tabla 6. Número y porcentaje de control de *Commelina diffusa* con herbicidas preemergentes en camote. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamientos (herbicidas kg ia.ha ⁻¹)	Número de plantas de <i>C. diffusa</i> por m ² ***			% control de <i>C. diffusa</i> ***		
	15 dda	35 dda	75 dda	15 dda	35 dda	75 dda**
Deshierba 20 y 40 dds*	5 ab	5 ab	6 ab	0 b *	48 ab	73 ab
Testigo enmalezado	5 ab	9 a	13 a	---	---	---
Metribuzin 0,6	0 b	0 b	0 b	100 a	99 a	100 a
Pendimetalina 1,5	7 a	10 a	12 a	0 b	0 b	0 b
Clomazone 0,48	3 ab	4 ab	6 ab	0 b	0 b	0 b
Pendimetalina 1,5 + Metribuzin 0,6	0 b	0 b	1 b	100 a	96 ab	95 ab
Clomazone 0,48 + Metribuzin 0,6	0 b	0 b	1 b	100 a	100 a	97 a

*dds = días después de la siembra. Las deshierbas se hicieron 5 días después del conteo de arvenses.

**dda = días después de la aplicación de los herbicidas.

***Los valores de estas variables corresponden a medias reales, letras iguales en una misma columna indican que las diferencias entre ellas no son estadísticamente significativas, según prueba de pares con probabilidad 0,05. Datos analizados por Kruskal-Wallis dado que no se cumplieron todos los supuestos del análisis de variancia. Para la variable porcentaje de control no se presentan datos para el testigo enmalezado ya que éste se utilizó como referencia para estimar los valores porcentuales de los demás tratamientos.

Eficacia de las deshierbas sobre las arvenses. En el testigo con deshierbas a los 20 y 40 días después de la siembra del camote, se observó que en las evaluaciones a los 15 y 35 dda se registraron valores de número de arvenses similares al testigo enmalezado, debido a que las deshierbas correspondientes se hicieron 5 días después del recuento de las arvenses. Los valores de porcentaje de control para los diferentes grupos de arvenses oscilaron entre 48 y 60% a los 35 dda, y entre 70 y 75% de control a los 75 dda (Tablas 4, 5 y 6). Esos porcentajes de control intermedios se debieron a que después de las deshierbas hubo nueva germinación de arvenses, pero las plantas eran pequeñas y con menor cobertura que en el testigo enmalezado. Se utilizó ese testigo con 2 deshierbas, ya que es una práctica que utilizan algunos productores ante la no disponibilidad de herbicidas, o bien,

porque no desean utilizar control químico de arvenses en camote.

Porcentaje de cobertura del suelo por grupo de arvenses. Esta variable se midió solo a los 35 y 75 dda, y en ambas fechas la menor cobertura por especies de hoja ancha, poáceas y *Commelina diffusa* ocurrió cuando se aplicaron las mezclas de pendimetalina + metribuzin y clomazone + metribuzin (Tabla 7). Asimismo, el metribuzin fue efectivo contra *Commelina diffusa*, ya que no se observó cobertura de esta especie en este herbicida durante las 2 evaluaciones realizadas.

Los tratamientos con metribuzin presentaron los menores porcentajes de cobertura tanto de especies de hoja ancha como de *C. diffusa* durante el periodo de evaluación, y además fue efectivo contra las poáceas durante los primeros 35 dda.

Tabla 7. Porcentaje de cobertura por arvenses de hoja ancha, poáceas y *Commelina diffusa* a los 35 y 75 días después de la aplicación (dda) con herbicidas preemergentes en camote.

Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno.

Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamiento (herbicidas kg ia.ha ⁻¹)	Hoja ancha		Poáceas		Commelina	
	35dda	75dda	35dda	75dda	35dda	75dda
Testigo enmalezado	36 a**	50 a	18 a	40 a	8 a	1 bc
Deshierba a los 20 y 40 dds*	14 b	13 bc	11 ab	12 cd	5 ab	1 bc
Metribuzin 0,6	1 c	11 bc	5 bc	23 bc	0 b	0 c
Pendimetalina 1,5	14 b	40 a	11 ab	28 ab	9 a	3 ab
Clomazone 0,48	9 b	36 ab	4 bc	18 bc	8 a	4 a
Pendimetalina 1,5 + metribuzin 0,6	1 c	5 c	6 bc	7 cd	0 b	0 c
Clomazone 0,48 + metribuzin 0,6	1 c	4 c	1 c	4 d	0 b	0 c

*dds = días después de la siembra. Las deshierbas se hicieron 5 días después de la evaluación de porcentaje de cobertura por las arvenses.

**Medias con igual letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, según la prueba de DMS al 1%. Se realizó ANOVA porque todas las variables cumplieron con los supuestos del análisis de varianza.

Porcentaje de cobertura del suelo por el total de arvenses y el follaje del camote. Como se observa en la Tabla 8, el tratamiento que mantuvo la mayor cobertura por el total de arvenses durante las evaluaciones, fue el testigo enmalezado con un 91% de cobertura a los 75 dda. Las

mezclas de pendimetalina + metribuzin y clomazone + metribuzin mostraron el menor porcentaje de cobertura, incluso a los 75 días después de su aplicación, con valores por debajo del 12%. El tratamiento con 2 deshierbas mantuvo un porcentaje de cobertura por debajo del 30%.

Tabla 8. Porcentaje de cobertura del total de arvenses y del follaje del camote a los 35 y 75 días después de la aplicación (dda), en el experimento con herbicidas preemergentes en camote.

Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno.

Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamientos (herbicidas en kg ia.ha ⁻¹)	Total de arvenses		Follaje camote	
	35 dda	75 dda	35 dda	75 dda
Testigo enmalezado	62 a**	91a	28 ns	6 d
Deshierba a los 20 y 40 dds*	30 b	26 de	45	74 a
Metribuzin 0,6	6 d	34 cd	33	64 ab
Pendimetalina 1,5	34 b	71 ab	31	13 cd
Clomazone 0,48	21 bc	58 bc	40	39 bc
Pendimetalina 1,5 + metribuzin 0,6	8 cd	13 de	33	66 ab
clomazone 0,48 + metribuzin 0,6	2 d	8 e	38	92 a

*dds= días después de la siembra. Las deshierbas se hicieron 5 días después de la evaluación de porcentaje de cobertura por las arvenses.

**Medias con igual letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, según la prueba de DMS al 1%. Se realizó ANOVA porque todas las variables cumplieron con los supuestos del análisis de varianza.

El porcentaje de cobertura debido al follaje de camote no evidenció diferencias significativas entre tratamientos a los 35 dda. A los 75 dda el mayor porcentaje de cobertura ocurrió cuando se aplicó el tratamiento metribuzin + clomazone, seguido del testigo que recibió las 2 deshierbas. En los tratamientos donde la cobertura por arvenses fue mayor, la cobertura por el follaje de camote fue menor, resultado principalmente de la interferencia causada por las arvenses.

Selectividad de los herbicidas al camote.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el daño ocasionado por los herbicidas a las plantas de camote. Solamente en los tratamientos con metribuzin, se observaron algunas plantas con áreas necróticas en los brotes, pero estos daños fueron calificados en la categoría de muy leves, y las plantas se recuperaron aproximadamente a las 2 semanas después de la aplicación del herbicida, y todo el tejido nuevo estuvo sano.

Efecto de los tratamientos en el rendimiento del camote. El mayor rendimiento de las raíces reservantes del camote de primera, segunda y total comercial, ocurrió en el tratamiento con deshierbas a los 20 y 40 días después del trasplante, con valores de 11 610, 2575 y 14 185 kg.ha⁻¹ respectivamente. El segundo mayor rendimiento se registró en la mezcla metribuzin + clomazone con valores de 11 870 kg.ha⁻¹ de raíces reservantes de primera, 1635 kg.ha⁻¹ de segunda y 13 505 kg.ha⁻¹ total comercial. La mezcla metribuzin + pendimetalina también tuvo un rendimiento similar a la mezcla anterior, con valores de 9370, 978 y 10 348 kg.ha⁻¹ de raíces reservantes de primera, segunda y total comercial respectivamente (Tabla 9). No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el peso de camotes de rechazo, que osciló entre 1700 y 3075 kg.ha⁻¹.

Tabla 9. Efecto de los tratamientos herbicidas en el rendimiento (kg.ha⁻¹) de camote de primera, segunda, total comercial (primera más segunda). Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamiento (herbicidas en kg ia.ha ⁻¹)	Primera	Segunda	Total comercial	Rechazo
Testigo enmalezado	898 b**	643 ns	1540 c	2450 ns
Deshierba a los 20 y 40 dds*	11 610 a	2575	14 185 a	2675
Metribuzin 0,36	7800 ab	1415	9215 ab	1987
Pendimetalina 1,5	2755 b	875	3630 bc	1700
Clomazone 0,48	5400 ab	1698	7098 bc	3075
Pend. 1,5 + metribuzin 0,36	9370 a	978	10 348 ab	2140
clomazone 0,48+metribuzin 0,36	11 870 a	1635	13 505 ab	2225

*dds = días después de la siembra. Las deshierbas se hicieron 5 días después de la evaluación de porcentaje de cobertura por las arvenses.

**Medias con igual letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, según la prueba de DMS al 1%. Se realizó ANOVA porque todas las variables cumplieron con los supuestos del análisis de varianza.

El mayor rendimiento de camote comercializable se obtuvo en los tratamientos que tuvieron el mayor porcentaje de control y la menor cobertura por las arvenses hasta los 75

dda. El menor rendimiento de raíces reservantes comerciales se obtuvo en el testigo enmalezado con solo 1540 kg.ha⁻¹.

DISCUSIÓN

En el lote experimental se encontraron 10 especies de arvenses, de las cuales 4 corresponden al grupo de hojas anchas, 5 a poáceas y una a Commelinaceae; todas ellas comunes en el cultivo de camote en la región Occidental de Alajuela. La excepción fue *Sorghum sudanensis* de reciente aparición en esta zona. Las arvenses de hoja ancha proporcionaron la mayor cobertura, seguidas de *S. sudanensis* que se presentó en parches y alcanzó una altura de aproximadamente 1,5 m; mientras que, *C. diffusa* tuvo baja cobertura, crecimiento rastrero, pero distribución uniforme en el lote.

Con respecto a la eficacia de los herbicidas evaluados, se evidenció que las mezclas de metribuzin + clomazone y de metribuzin + pendimetalina, fueron las más efectivas contra las especies de hoja ancha, poáceas y *Commelina diffusa*, lo que se manifestó en valores más altos de control (86-100%) y valores más bajos de cobertura del suelo por estas arvenses (8 a 13%) durante el periodo de evaluación que cubrió 75 días después de aplicados los herbicidas.

El uso de mezclas permitió ampliar el rango de control de las arvenses, ya que estas fueron más efectivas que la aplicación de los mismos herbicidas solos. Los herbicidas aplicados por separado fueron efectivos sobre las arvenses que se sabe controlan, pero dejaron arvenses no controladas que impactaron negativamente el rendimiento. Así por ejemplo, la pendimetalina se indica que es eficaz contra poáceas sin afectar el rendimiento del camote incluso a una dosis de 2,13 kg ia.ha⁻¹ (Meyers et al. 2019, Hormenoo et al. 2021); sin embargo, en este experimento, no tuvo efecto sobre la especie *Sorghum sudanensis*, lo que explica que los valores de control para este grupo de arvenses fueran relativamente bajos con este herbicida, que además impactó negativamente el rendimiento en este tratamiento.

En relación al metribuzin, los resultados concuerdan con lo indicado sobre su eficacia en especies de hoja ancha y algunas poáceas (Glaze y Hall 1990, Motsenbocker y Monaco 1993, Meyers et al. 2013). Además, en este experimento

un dato relevante fue su eficacia sobre *Commelina diffusa*, especie que se ha propagado con facilidad en este y otros cultivos, dado su eficiente mecanismo de reproducción sexual y asexual y por ser poco afectada por herbicidas como el paraquat, glufosinato de amonio y glifosato, utilizados en preparación de sitio o en aplicaciones dirigidas a las arvenses. Un aspecto relevante con el uso de este herbicida en camote, es que se pueden presentar síntomas de toxicidad, que en este experimento fueron daños muy leves en las plantas y que desaparecieron aproximadamente 2 semanas después de la aplicación. Al respecto Meyers et al. (2017) observaron daños, incluso a dosis menores (202 g ia.ha⁻¹), en las variedades Beauregard y Covington aplicado 2 semanas después del trasplante e indican que los síntomas de toxicidad disminuyeron hasta desaparecer a las 10 semanas después de la aplicación, sin reducir el rendimiento. También Motsenbocker y Monaco (1993) en un estudio de sensibilidad de clones de camote al metribuzin, encontraron diferencias entre clones, algunos de los cuales, como Tinian, soportaron hasta 1,1 kg.ha⁻¹ aplicado 3 semanas después del trasplante, sin causar síntomas de toxicidad y sin reducir el rendimiento, mientras que en otros clones, dosis menores causaron daños a las plantas y redujeron el rendimiento. Estos resultados sugieren la necesidad de evaluar con más detalle el uso de metribuzin en las variedades de camote que se siembran en el país.

El clomazone aplicado solo, mostró buen efecto contra poáceas y hojas anchas durante los primeros 35 dda, lo que concuerda con lo indicado por varios autores (Lugo-Torres y Diaz 2007, Harrison y Jackson 2011, Meyers et al. 2013, Beam et al. 2017, dos Santos et al. 2018, Dittmar y Boyd 2020), sin embargo, no tuvo efecto sobre *Commelina diffusa*, y hubo nueva emergencia de arvenses que llegaron a alcanzar un 58% de cobertura a los 75 dda, lo que pudo influir en un menor rendimiento del camote. Sin embargo, la mezcla de este herbicida con metribuzin permitió el control de los grupos de arvenses presentes en el experimento durante el periodo crítico de competencia, el cultivo alcanzó el mayor porcentaje

de cobertura y la segunda mayor producción de camotes comercializables.

En términos generales los herbicidas pre-emergentes evaluados en este experimento mostraron ser eficaces a la dosis comercial utilizada para el control de las arvenses indicadas, esto en suelo franco y con 5,3% de materia orgánica. No obstante, bajo condiciones de suelos con mayores contenidos de arcillas y materia orgánica, podría ser necesario ajustar la dosis para compensar la adsorción de los herbicidas a estas partículas y mantener disponibilidad para su absorción por parte de las arvenses.

El rendimiento obtenido en los mejores tratamientos de este experimento concuerda con el promedio mundial de 12,09 t.ha⁻¹ (FAO 2020), pero están por debajo de lo reportado para la variedad Zanahoria, y por encima de la variedad Criollo que se cultiva en el país, según datos de Castillo *et al.* (2014), quienes utilizaron plantas procedentes de cultivo in vitro y libres de virosis. En este experimento se utilizó material procedente de plantas madres en campo y se aplicó una sola fertilización, por lo cual podría mejorarse los rendimientos si se abordan de mejor manera estos aspectos.

En este experimento fue notorio el efecto negativo de las arvenses si no son controladas durante el ciclo del cultivo, ya que en el testigo sin control de arvenses se registró una disminución del 89% en el rendimiento de camotes comercializables con respecto al tratamiento con deshierbas o a los mejores tratamientos químicos. Estos datos confirman lo susceptible que es el cultivo de camote a la competencia por arvenses, y concuerdan con lo reportado por dos Santos *et al.* (2018) quienes mencionan pérdidas de 81 a 99% en la producción de raíces reservantes comerciales, dependiendo del cultivar, la densidad y tipos de arvenses dominantes.

En el tratamiento con 2 deshierbas, una a los 20 y la otra a los 40 días después del trasplante, se registró el mayor rendimiento de raíces comercializables (14 185 kg.ha⁻¹), lo que sugiere que la presencia de arvenses que emergieron después de cada deshierba no interfirió con el

rendimiento, debido a que su porte fue bajo y no llegaron a sobrepasar al camote. Dos deshierbas realizadas dentro del periodo crítico de competencia del camote pueden de ser suficientes para reducir el efecto negativo de las arvenses en el cultivo, y una alternativa en el caso de que no se desee utilizar herbicidas. Sin embargo, se deben considerar los costos asociados a cada estrategia de manejo, algo que no se consideró en este experimento, y que se sugiere incorporarlo en otros estudios.

CONCLUSIONES

Las mezclas clomazone + metribuzin y pendimetalina + metribuzin fueron las más efectivas para el control de especies de hoja ancha, poáceas y *Commelina diffusa*, sin reducir el rendimiento de raíces comerciales de camote.

El metribuzin fue el único herbicida eficaz para el control de *C. diffusa*.

Solo el metribuzin causó daños leves temporales en las plantas de camote, pero no redujo el rendimiento de raíces reservantes comerciales.

El libre crecimiento de arvenses redujo en un 89% el rendimiento de raíces reservantes comerciales de la variedad de camote Zanahoria.

Con deshierba a los 20 y 40 días después de la siembra del camote se alcanzó un rendimiento similar al obtenido en los mejores tratamientos químicos.

LITERATURA CITADA

- Alam, KM. 2021. Comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. Trends in Food Science & Technology (115):512-529. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.001>
- Anaya, F; Gómez, AL; Guerrero, M; Porlles, J; Woolcott, J; Erazo, R. 2008. Producción más limpia de etanol carburante de *Ipomoea batata* (camote) y su impacto en la contabilidad de reserva energética y el desarrollo sostenible del Perú. Rev. Per. Quím. Ing. Quím. 11(1):29-35.
- Beam, CS; Jennings, MK; Monks, WD; Schultheis, RJ; Chaudhari, S. 2017. Influence of herbicides on the development of internal necrosis of sweet potato.

- Weed Technology 31(6):863-869. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2017.60>
- Castillo, R; Brenes, A; Esker, P; Gómez-Alpizar, L. 2014. Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.). Agronomía Costarricense 38(2):67-81. DOI:10.15517/rac.v38i2.17275
- Dittmar, P; Boyd, NS. 2020. Weed management in sweet potato (en línea). Consultado 12 feb. 2022. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/WG039>
- dos Santos, AE; De Andrade Jr, CV; Silva JD; Dos Santos, AA; Medina JA; Teixeira, MC. 2018. Sensitivity of sweet potato genotypes to clomazone and weed interference. Rev. Caatinga, Mossoró, Brasil 31(2):352-359. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n211rc>
- El Sheikha, FA; Ray, CR. 2017. Potential impacts of bioprocessing of sweet potato: Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 57(3):455-471.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2020. FAOSTAT: Producción y rendimiento de batatas en el mundo 1994-2020 (en línea). Consultado 18 feb. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Frans, RT; Albert, R; Marx, D; Crowley, H. 1986. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In Camper, ND (ed.). Research methods in weed science. 3 ed. Champaign, IL, Southern Weed Science Society. p. 29-46.
- Glaze, CN; Hall, RM. 1990. Cultivation and herbicides for weed control in sweet potato (*Ipomoea batatas*). Weed Technology 4(3):518-523. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00025896>
- Harrison Jr, HF; Jackson, DM. 2011. Greenhouse assessment of differences in clomazone tolerance among sweet potato cultivars. Weed Technology 25(3):501-505. DOI: <http://dx.doi.org/10.1614/WT-D-10-00132.1>
- Holdridge, RL. 1982. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- Hormenoo, AY; Ekyen, SO; Bonsu, KO; Torve, V; Bright, R; Voegborlo, RB. 2021. Determination of some herbicide residues in sweet potato. Cogent Food And Agriculture (Ghana) 7(1):1-9. DOI: 10.1080/23311932.2021.1910159
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Costa Rica). 2022. Censo Agropecuario 2014 (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 21 dic. 2021. Disponible en https://www.inec.cr/agropecuario/actividad-agricola?keys=camote&shs_term_node_tid_depth=All&field_periodo_tid=All&field_anio_documento_value%5Bvalue%5D%5Bdate%5D=
- Levett, MP. 1992. Effects of various hand-weeding programmes on yield and components of yield of sweet potato (*Ipomoea batatas*) grown in the tropical lowlands of Papua New Guinea. J. Agric. Sci. (Camb.) 118(3):63-70.
- Lopes, CA; Vilela-Resende, JT; Machado, J; Perez-Guerra, E; Vilela-Resende, N. 2018. Producción de alcohol a partir de genotipos de batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) en medios fermentativos. Acta Agron. 67(2):231-237. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n2.65321>
- Lugo-Torres, M; Diaz, M. 2007. Weed control in sweet potato. [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. J. Agric. Univ. P.R. 91(3-4):161-167.
- Meyers, LS; Jennings, MK; Monks, WD. 2013. Herbicide-based weed management programs for palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in sweet potato. Weed Technology 27(2):331-340. DOI: <http://dx.doi.org/10.1614/WT-D-12-00036.1>
- Meyers, LS; Jennings, MK; Monks, WD. 2017. Sweet potato tolerance and palmer amaranth control with metribuzin and oryzalin. Weed Technology 31(6):903-907. DOI: 10.1017/wet.2017.56
- Meyers, LS; Chaudhari, S; Jennings, KM; Miller, KD; Shankle, WM. 2019. Response of sweet potato to pendimethalin application rate and timing. Weed Technology 34(2):301-304. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2019.103>
- Motsenbocker, EC; Monaco, JT. 1993. Differential tolerance of sweet potato (*Ipomoea batatas*) clones to metribuzin. Weed Technology 7(2):349-354.
- Seem, EJ; Creamer, GN; Monks, WD. 2003. Critical weed-free period for Beauregard' sweet potato (*Ipomoea batatas*). Weed Technology 17(4):686-695. DOI: <http://dx.doi.org/10.1614/WT02-089>
- Tai-Hua, M; Peng-Gao, L. 2019. Sweet potato: origin and production. In Tai-Hua, M; Peng-Gao, L. (eds.). Sweet potato: chemistry, processing and nutrition. Netherlands, Academic Press Elsevier. 293 p.
- Talatala, RL; Mariscal, AM; Secreto, AC. 1978. Critical periods for weed control in sweet potato. Philipp. J. Weed Sci. 5:1-6.



