



Selectividad de herbicidas en camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) variedad Criollo*

Herbicide selectivity in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Criollo variety

Franklin Herrera-Murillo¹, Grettel Picado-Arroyo¹

* Recepción: 31 de marzo, 2023. Aceptación: 16 de junio, 2023. Este trabajo fue financiado por el proyecto 736-A2-801 “Desarrollo de estrategias para el manejo de arvenses” de la Universidad de Costa Rica.

¹ Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Programa Manejo Integrado de Malezas, Alajuela, Costa Rica. franklin.herrera@ucr.ac.cr (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0001-5106-7940>); grettel.picadoarroyo@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-0251-2224>).

Resumen

Introducción. El camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) es sensible a la competencia por arvenses, cuyo control químico en Costa Rica se dificulta por la limitada información local generada sobre selectividad de herbicidas. **Objetivo.** Determinar la selectividad de seis herbicidas aplicados en diferentes etapas de desarrollo al camote Criollo y su efecto en la cobertura, biomasa y rendimiento del cultivo. **Materiales y métodos.** Entre agosto y diciembre 2021, se realizaron tres experimentos en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica. Estos incluyeron la aplicación de herbicidas (en kg i.a. ha⁻¹) de la siguiente manera: a) experimento 1: 0,36 de metribuzin, 1,50 de pendimetalina, 0,48 de clomazone, 0,075 de halosulfuron, 1,00 de linuron y 1,25 de metolaclor, aplicados seis días después de la siembra (dds) en diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones; b) experimento 2: 1,00 de linuron y 0,36 de metribuzin, aplicados a los -1, 15 y 30 dds, en diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x3 y tres repeticiones; y c) experimento 3: 0,075 de halosulfuron y 0,36 de metribuzin, mezclado con 0,125 de fluzifop-p-butil en diseño de bloques al azar con tres repeticiones. En todos los casos se realizó deshierba 15 y 30 dds. **Resultados.** En ninguno de los tres experimentos se vio afectada la producción de raíces reservantes. Experimento 1: solo el halosulfuron causó daños leves en las plantas; ningún herbicida afectó la producción de biomasa aérea. Experimento 2: solo el linuron y metribuzin aplicados 15 y 30 dds causaron daños leves. Experimento 3: las mezclas causaron daños temporales en las plantas. **Conclusiones.** Los herbicidas evaluados fueron selectivos al camote variedad Criollo y no afectaron el rendimiento de raíces reservantes comercializables; solo halosulfuron causó daños leves en todas las formas de aplicación, y metribuzin y linuron solo en aplicaciones tardías.

Palabras clave: batata, arvenses, fitotoxicidad, rendimiento.

Abstract

Introduction. Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) is sensitive to weed competition, and chemical control in Costa Rica is challenging due to limited local information on herbicide selectivity. **Objective.** To determine the selectivity of six herbicides applied at different stages of development to Criollo sweet potatoes and their effect on



coverage, biomass, and crop yield. **Materials and methods.** Between August and December 2021, three experiments were conducted at the Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica. Herbicides were applied (in kg a.i. ha⁻¹) as follows: a) Experiment 1: 0.36 of metribuzin, 1.50 of pendimethalin, 0.48 of clomazone, 0.075 of halosulfuron, 1.00 of linuron, and 1.25 of metolachlor, applied six days after planting (dap) in a randomized block design with four repetitions; b) Experiment 2: 1.00 of linuron and 0.36 of metribuzin, applied at -1, 15 and 30 dap, in a randomized block design with a 2x3 factorial arrangement and three repetitions; and c) Experiment 3: 0.075 of halosulfuron and 0.36 of metribuzin, mixed with 0.125 of fluazifop-p-butyl in a randomized block design with three repetitions. Weeding was performed at 15 and 30 dap in all cases. **Results.** Root yield was not affected in any of the three experiments. Experiment 1: Only halosulfuron caused mild damage to the plants; no herbicide affected above-ground biomass production. Experiment 2: Only linuron and metribuzin applied at 15 and 30 dap caused mild damage. Experiment 3: The mixtures caused temporary damage to the plants. **Conclusions.** The evaluated herbicides were selective to the Criollo sweet potatoes, and did not affect the yield of marketable storage roots. Only halosulfuron caused mild damage in all application forms, and metribuzin and linuron only in late applications.

Keywords: batata, weeds, phytotoxicity, yield.

Introducción

La especie *Ipomoea batatas* (L.) Lam., familia Convolvulaceae, originaria de Centro y Sur América, se cultiva en muchos países para el consumo de sus raíces reservantes (Tai-Hua & Peng-Gao, 2019). En el mundo se siembran 7 400 472 ha al año, con un rendimiento promedio de raíces reservantes de 12,09 t ha⁻¹ (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). También se utiliza para la producción de etanol (Anaya et al., 2008; Cantos-Lopes et al., 2018), alimentos procesados y alimentación animal (Alam, 2021; El Sheikha & Ray, 2017; Tai-Hua & Peng-Gao, 2019). Algunos nombres comunes con los que se le conoce son: camote, batata, boniato y sweet potato.

En Costa Rica, el camote es un cultivo a pequeña escala, con 919 fincas que siembran 528 ha (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015), pero se le considera de importancia para la alimentación humana y con potencial de exportación. Predomina la siembra de la variedad denominada Criollo, debido a que es preferida por el consumidor, aunque se han evaluado nuevos cultivares con mayor potencial de rendimiento (Castillo Matamoros et al., 2014).

La presencia de arvenses limita la producción del cultivo de camote, ya que si no se controlan pueden causar pérdidas entre 80 y 99 % en la producción de raíces reservantes (Aparecido dos Santos et al., 2018). Sin embargo, el cultivo es más sensible a la competencia entre una y ocho semanas después de la siembra, que es donde se ubica el período crítico de competencia (Levett, 1992; Seem et al., 2003; Talatala et al., 1978), en el cual se deben controlar las arvenses.

Uno de los problemas que enfrentan los productores de camote en Costa Rica para el control de arvenses, es la falta de herbicidas con registro en este cultivo. Además, si bien existe información sobre herbicidas que se utilizan en este cultivo en otros países, a nivel local hay pocas publicaciones sobre eficacia de herbicidas en el control de las arvenses y de su selectividad a las variedades de camote de mayor uso en el país.

Algunos herbicidas preemergentes que se aplican entre uno y siete días después de la siembra de los esquejes de camote son: metribuzin, para el control de arvenses de hoja ancha (Glaze & Hall, 1990; Meyers et al., 2013; Motsenbocker & Monaco, 1993) y de *Commelina diffusa* (Herrera-Murillo & Picado-Arroyo, 2023), la

pendimetalina para el control de poáceas (Herrera-Murillo & Picado-Arroyo, 2023; Hormenoo et al., 2021; Lugo-Torres & Díaz, 2007; Meyers et al., 2020), clomazone efectivo contra poáceas y algunas especies de hoja ancha (Dittmar & Boyd, 2020; Aparecido dos Santos et al., 2018; Harrison & Jackson, 2011; Herrera-Murillo & Picado-Arroyo, 2023; Meyers et al., 2013), S-metolachor para el control de ciperáceas y poáceas (Dittmar & Boyd, 2020; Meyers et al., 2013) y linuron para el control de hojas anchas y algunas poáceas (Martí et al., 2018).

El uso de herbicidas en posemergencia sobre el cultivo, está limitado durante los primeros siete días después de la siembra, lo que obliga a los productores a controlar las arvenses en estados más tardíos del cultivo, pero siempre dentro del período crítico de competencia. Los herbicidas linuron y metribuzin también son efectivos para el control de especies dicotiledóneas en posemergencia temprana (Meyers et al., 2013; Meyers et al., 2017; Moore et al., 2021); mientras que el metribuzin, además ha sido efectivo contra *Commelina diffusa*, especie que se ha incrementado en varios cultivos, incluidas las plantaciones de camote debido a que no es controlada por otros herbicidas preemergentes que se utilizan en este cultivo (Herrera-Murillo & Picado-Arroyo, 2023).

En aplicación posemergente de herbicidas en camote se citan: el halosulfuron para el control de ciperáceas (Dittmar et al., 2013; MacRae et al., 2007), clomazone para control de poáceas y algunas dicotiledóneas (Harrison & Jackson, 2011; Meyers et al., 2013; Porter, 1990), fluzifop-p-butyl (Hormenoo et al., 2021; Martí et al., 2018), fenoxaprop-p-etil y setoxidim (Martí et al., 2018); estos tres últimos efectivos para el control de poáceas y selectivos a cultivos de hoja ancha.

Debido a que es común la presencia de diferentes grupos de arvenses en el cultivo de camote, se puede demandar la aplicación de mezclas con potencial para el control de complejos de malezas de hoja ancha, ciperáceas, commelináceas y poáceas, que se presenten dentro del periodo crítico de competencia con el cultivo ya establecido. Algunos herbicidas con este potencial para ser utilizados en mezclas son: el fluzifop-p-butyl, efectivo contra poáceas y selectivo al camote (Glaze & Hall, 1990), el metribuzin para el control de arvenses de hoja ancha (Aparecido dos Santos et al., 2018; Glaze & Hall, 1990) y *Commelina diffusa* (Herrera-Murillo & Picado-Arroyo, 2023), y el halosulfuron para el control de ciperáceas (Blum et al., 2000; Gómez Gómez & Herrera Murillo, 2009; Gonçalves et al., 2021; Meyers & Shankle, 2016).

La selectividad de las mezclas herbicidas aplicadas en posemergencia al cultivo de camote es otro de los requisitos que se debe buscar. El metribuzin aplicado dos semanas después del trasplante causó hasta 35 % de daño a las plantas de camote (Meyers et al., 2017). Además, se ha visto diferencias de tolerancia al metribuzin entre genotipos de camote (Aparecido dos Santos et al., 2018; Motsenbocker & Monaco, 1993).

El halosulfuron, un herbicida efectivo para el control de ciperáceas (Gonçalves et al., 2021; Meyers & Shankle, 2016), también causó daño a las plantas de camote cuando fue aplicado entre una y dos semanas después de la siembra, no así en aplicación a las tres y cuatro semanas después de la siembra a dosis de 39 g i.a. ha⁻¹ (MacRae et al., 2007; Meyers & Shankle, 2016); aunque se indica que para minimizar daños en las raíces reservantes es recomendable aplicarlo en los siguientes diez días después de la siembra (Dittmar et al., 2013).

Con el clomazone, herbicida de amplio uso en el cultivo de camote en los Estados Unidos (Wadl et al., 2020), también se han encontrado diferencias en la tolerancia entre algunos cultivares (Harrison & Jackson, 2011) y entre algunos genotipos, aunque la mayoría son tolerantes (Aparecido dos Santos et al., 2018; Wadl et al., 2020).

Dada la escasa información generada a nivel local sobre selectividad de herbicidas a camote y debido a que el grado de selectividad de algunos herbicidas a este cultivo puede variar según el material genético y el momento después de la siembra en que se apliquen, se hace necesario valorar esa selectividad en los cultivares de mayor uso, que en el caso de Costa Rica es la variedad denominada Criollo, por lo que el objetivo de esta investigación fue determinar la selectividad de seis herbicidas aplicados en diferentes etapas de desarrollo al camote Criollo y su efecto en la cobertura, biomasa y rendimiento del cultivo.

Materiales y métodos

De agosto a diciembre del 2021, se realizaron tres experimentos con herbicidas en camote en el lote 36 de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica, ubicada en La Garita, Alajuela, Costa Rica (10° 00' 26" norte, 84° 15' 57" oeste), a 840 m s. n. m. La preparación del terreno consistió en un pase de arado de disco, dos pases de rastra y conformación de lomillos de 0,40 m de alto, distanciados a 0,90 m entre sí. El suelo fue de textura franco arenoso (62 % arena, 23 % limo y 15 % arcilla), con un 6,40 % de materia orgánica y una relación C/N de 11 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis químico del suelo del lote 36, donde se instalaron los experimentos de selectividad de herbicidas en camote (*Ipomoea batatas* (L.) variedad Criollo. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Table 1. Chemical analysis of the soil in plot 36, where herbicide selectivity experiments were conducted on Criollo sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.)). Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2021.

	pH		cmol (+) L ⁻¹				% SA	mg L ⁻¹				
	H ₂ O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE		P	Zn	Cu	Fe	Mn
Nivel crítico	5,50	0,50	4,00	1,00	0,20	5,00		10,00	3,00	1,00	10,00	5,00
Lote 36	5,80	0,18	8,17	2,03	0,77	11,15	2,00	16,00	1,70	12,00	95,00	9,00

H₂O: agua, Ca: calcio. Mg: magnesio. K: potasio, CICE: capacidad de intercambio catiónico, SA: saturación de acidez, P: fósforo, Zn: zinc, Cu: cobre, Fe: hierro, Mn: manganeso. / H₂O: water, Ca: calcium. Mg: magnesium. K: potassium, CICE: cation exchange capacity, SA: acid saturation, P: phosphorus, Zn: zinc, Cu: copper, Fe: iron, Mn: manganese.

Como parte de la preparación del sitio, una vez conformados los lomillos, se dejó que emergieran las arvenses y cuando estaban en estado de dos a cinco hojas, se aplicó paraquat 0,60 kg i.a. ha⁻¹ para eliminar la vegetación existente, previo a la siembra del camote.

En los tres experimentos se utilizaron esquejes de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) variedad Criollo, de cuatro nudos, dos de los cuales se dejaron enterrados y los otros dos fuera del suelo. La distancia de siembra fue de 0,30 m entre esquejes y 0,90 m entre surcos, para una densidad de 37 000 plantas/ha. Los esquejes fueron cortados el día anterior a la siembra, en un lote comercial de camote, al que le faltaba 15 días para ser cosechado.

Se realizó una única fertilización a esqueje, 21 días después de la siembra, a razón de 66 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 190 kg ha⁻¹ de fósforo y 66 kg ha⁻¹ de potasio.

Para la aplicación de los herbicidas en los tres experimentos, se utilizó un aspersor eléctrico de espalda con boquillas antideriva 110015, calibrado para un volumen de 300 L ha⁻¹.

En los tres experimentos y en todos los tratamientos se hicieron dos deshierbas [15 y 30 días después de la siembra (dds)] con el fin de minimizar la interferencia por las arvenses, debido a que el objetivo de los ensayos fue evaluar la selectividad de los herbicidas en el camote.

Experimento 1. Selectividad al camote de herbicidas preemergentes aplicados seis días después de la siembra

La siembra se realizó el 13 de agosto de 2021. Los tratamientos evaluados fueron: metribuzin 0,36 kg i.a. ha⁻¹, pendimetalina 1,50 kg i.a. ha⁻¹, clomazone 0,48 kg i.a. ha⁻¹, halosulfuron 0,075 kg i.a. ha⁻¹, linuron 1,00 kg i.a. ha⁻¹, metolaclor 1,25 kg i.a. ha⁻¹ y un testigo sin herbicidas y deshierbado a los 15 y 30 dds.

La aplicación de los herbicidas se hizo entre las ocho y diez de la mañana del 19 de agosto del 2021 (seis días después de la siembra del camote). Al momento de la aplicación el suelo estaba húmedo, el día estuvo despejado y sin viento.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental estuvo conformada por tres surcos de 5 m de largo, de los cuales se utilizó como parcela útil el surco central, menos 0,50 m en cada uno de sus extremos.

Experimento 2. Selectividad de linuron y metribuzin aplicados en diferentes etapas de crecimiento del camote

La siembra se hizo el 20 de agosto de 2021. Los tratamientos evaluados fueron: metribuzin 0,36 kg i.a. ha⁻¹ y linuron 1,00 kg i.a. ha⁻¹ aplicados en tres fechas, un día antes de la siembra, 15 y 30 dds. Al momento de cada una de las aplicaciones el camote estaba sano, en crecimiento activo y no llovió al menos 7 h después de las aplicaciones.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x3, más un testigo sin herbicida y deshierbado a 15 y 30 dds y tres repeticiones. Cada parcela experimental estuvo conformada por tres surcos de 5 m de largo, de los cuales se consideró como parcela útil 4 m lineales del surco central.

Experimento 3. Selectividad al camote de metribuzin y halosulfuron en mezcla con fluazifop-p-butil en aplicación tardía

La siembra se hizo el 20 de agosto de 2021. Los tratamientos evaluados fueron: halosulfuron 0,075 kg i.a. ha⁻¹ + fluazifop-p-butil 0,125 kg i.a. ha⁻¹, metribuzin 0,36 kg i.a. ha⁻¹ + fluazifop-p-butil 0,125 kg i.a. ha⁻¹, halosulfuron 0,075 kg i.a. ha⁻¹ + metribuzin 0,36 kg i.a. ha⁻¹ + fluazifop-p-butil 0,125 kg i.a. ha⁻¹ y un testigo sin herbicida y deshierbado a los 15 y 30 dds. La aplicación de las mezclas herbicidas se hizo 30 dds. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada parcela experimental estuvo conformada por tres surcos de 5 m de largo, de los cuales se consideró como parcela útil 4 m lineales del surco central.

Las variables evaluadas fueron:

Experimento 1:

- a) Porcentaje de daño en las plantas de camote a los 18, 33 y 49 días después de la aplicación de los herbicidas (dda). Para calificar el daño se utilizó la escala porcentual de Frans et al. (1986).
- b) Número de guías por planta de camote a los 33 dda (promedio de cinco plantas por tratamiento).
- c) Porcentaje de cobertura del suelo por el follaje del camote a los 33 y 49 dda. Para estimar los datos de porcentaje de cobertura se utilizó un marco de 1 m² con 100 cuadrículas, colocado en dos puntos, de manera que se cubrió el lomillo y el 50 % de cada entresurco.
- d) Peso fresco de la biomasa de la parte aérea de las plantas de camote al momento de la cosecha (120 dds).
- e) Peso de 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) a los 120 dds.

Experimento 2

- a) Porcentaje de daño en las plantas de camote a los 15 días después de cada época de aplicación de los herbicidas.
- b) Porcentaje de cobertura del suelo por el follaje del camote a los 63 dds.
- c) Peso fresco de la biomasa de la parte aérea de las plantas de camote al momento de la cosecha (120 dds).
- d) Peso de camotes de primera, segunda, rechazo y total comercial a la cosecha (120 dds).

Experimento 3:

- a) Porcentaje de daño en las plantas de camote a los 15 y 30 dda.
- b) Porcentaje de cobertura del suelo por el follaje del camote a los 15 y 30 dda.
- c) Peso fresco de la biomasa de la parte aérea de las plantas de camote al momento de la cosecha (120 dds).
- d) Peso de camotes de primera, segunda, rechazo y total comercial a la cosecha (120 dds).

Para la medición de las variables en los experimentos 2 y 3 se utilizó la misma metodología descrita en el experimento 1.

Los datos fueron sometidos al cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza. En todos los casos se cumplió con los supuestos de normalidad, aditividad y heterocedasticidad, por lo cual se procedió a hacer el ANDEVA correspondiente y cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas, se hizo la comparación de medias según la prueba DMS al 1 %.

Resultados

Experimento 1. Selectividad al camote de herbicidas preemergentes aplicados seis días después de la siembra

En el experimento 1 durante los siguientes 18 dda, se observaron daños leves (30 %) en las plantas de camote causados por el halosulfuron, que consistieron en menor desarrollo foliar y clorosis leve en las hojas. Sin embargo, a los 33 dda las plantas tratadas con este herbicida no mostraron clorosis, pero sí un menor porcentaje de cobertura del suelo en comparación a los demás herbicidas que no afectaron las plantas; el porcentaje de daño fue del 18 %.

Las plantas dañadas por el halosulfuron se recuperaron, hasta no ser perceptibles los daños en la evaluación realizada a los 49 dda (0 % de daño), momento en el cual las plantas estaban recuperadas y similares al testigo deshierbado. En el resto de las parcelas que recibieron los demás herbicidas, las plantas siempre se mantuvieron sanas y con aspecto similar al testigo deshierbado.

Para el número de guías por planta a los 33 dda, biomasa área del camote a la cosecha y variables de rendimiento, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Los promedios de cada una de las variables indican que los herbicidas evaluados no afectaron de forma negativa la producción de raíces reservantes comerciales (Cuadro 2).

Experimento 2. Selectividad de linuron y metribuzin aplicados a los -1, 15 y 30 días después de la siembra del camote

En el experimento 2 para la variable porcentaje de daño, se encontró que la interacción herbicida por época de aplicación fue significativa. Cuando el metribuzin y el linuron fueron aplicados un día antes de la siembra, no se observaron síntomas de toxicidad en las plantas de camote, mientras que en las aplicaciones hechas a los 15 y 30 días después de la siembra, el metribuzin causó mayor daño a las plantas de camote que el linuron (Cuadro 3).

Con respecto a las variables porcentaje de cobertura del suelo por el follaje del camote, rendimiento de camotes de primera, segunda, rechazo y total comercial (primera + segunda), no hubo interacción significativa entre herbicidas y épocas de aplicación, ni diferencias significativas entre los herbicidas. Los valores promedio del porcentaje de cobertura de las plantas de camote y rendimiento comercial para los tratamientos en general se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos herbicidas sobre la producción de guías, cobertura, biomasa aérea y rendimiento del camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) variedad Criollo. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Table 2. The effect of herbicide treatments on the production of shoots, coverage, above-ground biomass, and yield of Criollo sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Tratamiento herbicida (kg i.a. ha ⁻¹)	Guías por planta (33 dda)	Porcentaje de cobertura follaje de camote		Peso follaje camote (kg ha ⁻¹)	Peso camote comercial (kg ha ⁻¹)
		33 dda	49 dda		
Halosulfuron 0,075	7 ns	33 c	66 ns	22 663 ns	16 750 ns
Metolacolor 1,25	10	45 b	78	25 338	19 287
Pendimetalina 1,50	11	49 b	87	25 638	18 150
Metribuzin 0,36	9	48 b	83	26 725	23 250
Linuron 1,00	10	50 b	84	33 275	18 600
Clomazone 0,48	11	59 a	89	29 650	19 250
Testigo deshierbado	10	51 b	80	27 175	17 963

ns: Diferencias no significativas entre tratamientos según prueba de DMS al 1 % de probabilidad. Medias con igual letra en una misma columna no son significativamente diferentes entre sí, según prueba de DMS al 1 %. / ns: No significant differences between treatments according to the DMS 1 % probability test. Means with the same letter in the same column are not significantly different from each other, according to the 1 % DMS test.

Cuadro 3. Porcentaje de daño en las plantas de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) variedad Criollo a las dos semanas después de la aplicación respectiva de los herbicidas. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Table 3. Percentage of damage to Criollo sweet potato plants (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) two weeks after the respective application of herbicides. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Tratamiento herbicida (kg i.a. ha ⁻¹)	Aplicado 1 das*	Aplicado 15 dds**	Aplicado 30 dds
Metribuzin 0,36	0 Ab	15 Aa	20 Aa
Linuron 1,00	0 Aa	2 Ba	5 Ba

*das: días antes de la siembra. **dds: días después de la siembra. Promedios con igual letra mayúscula en una misma columna o igual letra minúscula en una misma fila, indican que las diferencias entre ellos no son estadísticamente significativas, según prueba DMS al 1 %. / *das: days before planting. **dds: days after planting. Means with the same capital letter in the same column or the same lowercase letter in the same row, indicate that the differences between them are not statistically significant, according to the 1 % DMS test.

Experimento 3. Selectividad al camote de metribuzin y halosulfuron en mezcla con fluazifop-p-butil en aplicación tardía

En el experimento 3 la evaluación hecha dos semanas después de la aplicación de los herbicidas, mostró diferencias significativas entre tratamientos en el porcentaje de daño a las plantas de camote y en el porcentaje de cobertura del suelo por parte del cultivo. El mayor daño se observó en las plantas que recibieron la mezcla halosulfuron + metribuzin + fluazifop-p-butil, seguido de las mezclas halosulfuron + fluazifop-p-butil y metribuzin + fluazifop-p-butil (Cuadro 5).

Cuadro 4. Porcentaje de cobertura del suelo por el follaje de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) variedad Criollo a los 63 días después de la siembra y rendimiento comercial (primera + segunda). Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Table 4. Percentage of ground coverage by Criollo sweet potato foliage (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) 63 days after planting and commercial yield (first + second). Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Tratamiento herbicida (kg i.a. ha ⁻¹)	Porcentaje de cobertura (63 dds)	Rendimiento comercial (kg ha ⁻¹)
Metribuzin 0,36 (1 das*)	72 ns	20 898 ns
Metribuzin 0,36 (15 dds**)	75	17 167
Metribuzin 0,36 (30 dds)	82	20 870
Linuron 1,00 (1 das)	78	17 518
Linuron 1,00 (15 dds)	87	20 574
Linuron 1,00 (30 dds)	78	18 685
Testigo deshierbado (15 y 30 dds)	77	17 963

*das: días antes de la siembra. **dds: días después de la siembra. ns: diferencias no significativas entre medias. / *days: days before planting. **dds: days after planting. ns: non-significant differences between means.

Cuadro 5. Daño en las plantas de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) variedad Criollo y porcentaje de cobertura del suelo a los 15 y 30 días después de aplicados los herbicidas. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Table 5. Damage to Criollo sweet potato plants (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) and percentage of ground coverage 15 and 30 days after herbicide application. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Tratamiento herbicida (kg i.a. ha ⁻¹)	Porcentaje de daño (15 dda*)	Porcentaje de daño (30 dda)	Porcentaje de cobertura (15 dda)	Porcentaje de cobertura (30 dda)
Halosulfuron 0,075 + fluazifop-p-butiril 0,125	30 b*	0 ns	50 b	76 ns
Metribuzin 0,36 + fluazifop-p-butiril 0,125	27 b	0	63 a	92
Halosulfuron 0,075 + metribuzin 0,36 + fluazifop-p-butiril 0,125	43 a	3	53 b	82
Testigo deshierbado 15 y 30 dds	0 c	0	65 a	77

*dda: días después de la aplicación de los herbicidas. Promedios con igual letra en una misma columna no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, según prueba DMS al 1 % de probabilidad. / *dda: days after herbicide application. Averages with the same letter in the same column do not present statistically significant differences between them, according to the DMS test at 1 % probability.

En el caso del metribuzin los daños consistieron en lesiones necróticas en algunas hojas más expuestas donde cayó el herbicida, mientras que el halosulfuron causó clorosis leve en las hojas y ligero retardo en el crecimiento. Estos síntomas se empezaron a observar cuatro días después de la aplicación y se mantuvieron durante las siguientes dos semanas, para luego decrecer. A los 30 días después de la aplicación, el tejido nuevo estuvo sano, aunque en algunas hojas viejas y bajas aun persistían algunas lesiones necróticas.

Con respecto al porcentaje de cobertura del suelo por el follaje del camote, se encontró que en las mezclas que incluyeron el halosulfuron fue menor en comparación con los tratamientos que no lo tuvieron, sin embargo, a los 30 días después de la aplicación de los herbicidas no hubo diferencias entre tratamientos para esta variable (Cuadro 5).

Para las variables biomasa aérea de camote a la cosecha, rendimiento del camote de primera, segunda, y total comercial, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Se indican promedios de la biomasa aérea del camote y el rendimiento de raíces reservantes comerciales (Cuadro 6), con el propósito de utilizar los datos como referencia en la discusión.

Cuadro 6. Biomasa aérea y rendimiento de raíces reservantes comerciales de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) variedad Criollo en el experimento con mezclas herbicidas. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Table 6. Above-ground biomass and yield of commercial storage roots of Criollo sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) in the experiment with herbicide mixtures. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2021.

Tratamiento herbicida (kg i.a. ha ⁻¹)	Biomasa aérea del camote (kg ha ⁻¹)	Rendimiento camote comercial (kg ha ⁻¹)
Halosulfuron 0,075 + fluazifop-p-butil 0,125	31 247	22 185
Metribuzin 0,36 + fluazifop-p-butil 0,125	26 691	20 296
Halosulfuron 0,075 + metribuzin 0,36 + fluazifop-p-butil 0,125	29 827	27 284
Testigo deshierbado 15 y 30 dds	25 012	18 790

dds: días después de la siembra. / dds: day after planting.

Discusión

En el experimento 1, se evaluó la selectividad de los herbicidas al camote aplicados seis días después de la siembra de los esquejes, debido a que en este cultivo predomina el uso de herbicidas preemergentes aplicados durante los siguientes siete días después de la siembra. En esta condición, los resultados indicaron que ninguno de los herbicidas evaluados afectó la cantidad de biomasa aérea, ni la producción de raíces reservantes, por lo que se deduce que fueron selectivos al camote variedad Criollo. Sin embargo, el halosulfuron causó daños leves y temporales en las plantas de camote, no obstante, se mantuvo la tendencia a menores valores de estas variables, aunque sin diferencia significativa al testigo deshierbado; por lo cual es un herbicida que conviene evaluarlo con mayor detalle.

Los resultados de selectividad observados para los herbicidas clomazone, pendimetalina, metolaclor y linuron aplicados seis días después de la siembra del camote, concuerdan con lo reportado por varios autores, cuando aplicaron estos herbicidas bajo condiciones similares en otras variedades de camote, tal es el caso de clomazone (Aparecido dos Santos et al., 2018; Correia & Carvalho, 2021; Dittmar & Boyd, 2020; Harrison & Jackson, 2011; Lugo-Torres & Díaz, 2007; Porter, 1990; Wadl et al., 2020), pendimetalina (Hormenoo, 2021; Meyers et al., 2020), metolaclor (Dittmar & Boyd, 2020; Glaze & Hall, 1990) y linuron (Aparecido dos Santos et al., 2018; Correia & Carvalho, 2021; Moore et al., 2021).

Para el metribuzin, si bien en este experimento no se observaron efectos negativos en el camote variedad Criollo, se debe indicar que otros autores mencionaron daños iniciales por este herbicida cuando se aplicó al trasplante de los esquejes, aunque sin efecto negativo en el rendimiento de las raíces comerciales (Aparecido dos Santos et al., 2018; Correia & Carvalho, 2021; Meyers et al., 2017). En tanto, los daños causados por halosulfuron concuerdan con lo mencionado por MacRae et al. (2007), quienes observaron la presencia de daños temporales y retraso en el crecimiento de las plantas, cuando aplicaron halosulfuron siete días después de la siembra en dosis de 13 a 65 g i.a. ha⁻¹, inferior a la utilizada en el primer experimento (75 g i.a. ha⁻¹).

Los resultados del segundo experimento indicaron que los herbicidas linuron y metribuzin aplicados un día antes de la siembra, no causaron daños a las plantas de camote, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el experimento 1. Pero, el metribuzin aplicado 15 o 30 días después de la siembra, causó daños temporales en las plantas, que no impactaron de forma negativa el rendimiento de raíces reservantes comercializables. No obstante, se requiere validar los resultados obtenidos, en especial si se utilizan otras variedades, ya que Beam et al. (2017) observaron clorosis, necrosis de algunas hojas y menor crecimiento en las plantas de las variedades Covington y Murasaki con dosis de linuron de 0,42 a 1,12 kg i.a. ha⁻¹ aplicado 14 dds, con efecto negativo en el rendimiento de raíces de primera cuando se utilizaron las dosis más altas, no así en aplicación a los 7 dds. Mientras que, con el metribuzin, también se han reportado daños iniciales en otras variedades de camote (Aparecido dos Santos et al., 2018; Meyers et al., 2017).

Los resultados del experimento 3 mostraron que tanto el halosulfuron como el metribuzin en mezcla con fluazifop-p-butyl, o bien la mezcla de los tres herbicidas, causaron daños temporales en el follaje de las plantas de camote, pero no afectaron de forma negativa la producción de la biomasa aérea ni la producción de raíces reservantes, por lo que podrían ser utilizados en la variedad de camote Criollo en aplicación tardía (30 dds).

Cabe indicar que los daños observados en estas mezclas se pueden atribuir al metribuzin o al halosulfuron y no al fluazifop-p-butyl, ya que este último es un herbicida específico para el control de poáceas y selectivo a cultivos de hoja ancha (Chifan et al., 2019; Galon et al., 2018), entre ellos al camote (Glaze & Hall, 1990). Mientras que, con el metribuzin se han reportado daños en variedades de camote (Meyers et al., 2013), lo mismo que daños con aplicaciones tempranas de halosulfuron (MacRae et al., 2007), aunque estos mismos autores señalaron que no observaron daños en el camote cuando se aplicó el halosulfuron a las cuatro semanas después de la siembra.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los tres experimentos, se encontró que no hubo efectos negativos significativos de la aplicación de los herbicidas sobre los rendimientos de las raíces reservantes, ya que fueron similares a los obtenidos en los testigos con deshierbas a los 15 días y 30 días después de la siembra del camote. En los tres experimentos los rendimientos de raíces reservantes comerciales fueron superiores al promedio mundial de 12,09 t ha⁻¹ (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022) y al rendimiento de la variedad Criollo de 6 t ha⁻¹ reportado por Castillo Matamoros et al. (2014).

De acuerdo con la literatura, dentro de los herbicidas evaluados en los tres experimentos, hay productos efectivos para los diferentes grupos de arvenses que se presentan en el cultivo de camote, lo que sumado al no impacto negativo en el rendimiento de raíces reservantes, abre la posibilidad de utilizar estos herbicidas evaluados para diseñar alternativas para el control específico de grupos de arvenses que se presenten dentro del período crítico de competencia en camote.

Conclusiones

Los herbicidas metribuzin, linuron, metolaclor, pendimetalina y clomazone en las dosis evaluadas y aplicados seis días después del trasplante fueron selectivos al camote variedad Criollo, mientras que el halosulfuron causó daños leves que persistieron durante 33 días, pero ninguno de los herbicidas afectó negativamente en el rendimiento de las raíces reservantes del camote.

El metribuzin aplicado 15 y 30 días después de la siembra del camote causó daños temporales en las plantas de camote, pero no afectó el rendimiento de raíces reservantes comercializables.

El halosulfuron o el metribuzin en mezcla con fluazifop aplicado 30 dds, causaron daños leves en las plantas de camote, sin efecto negativo sobre el rendimiento de raíces reservantes comercializables.

Referencias

- Alam, K. M. (2021). A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, *115*, 512–529. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.001>
- Anaya, F., Gómez, L. A., 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. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, *11*(1), 29–35. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4684>
- Aparecido dos Santos, E., Carvalho de Andrade Júnior, V., Silva Viana, D. J., Aparecido dos Santos, A., Medina da Silva, A. J., & Teixeira Fialho, C. M. (2018). Sensitivity of sweet potato genotypes to clomazone and weed interference. *Revista Caatinga*, *31*(2), 352–359. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n211rc>
- Beam, C. S., Jennings, K. M., Monks, W. D., Schultheis, R. J., & Chaudhari, S. (2017). Influence of herbicides on the development of internal necrosis of sweet potato. *Weed Technology*, *31*(6), 863–869. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.60>
- Blum, R. R., Isgrigg, J., & Yelverton, F. H. (2000). Purple (*Cyperus rotundus*) and yellow nutsedge (*C. esculentus*) control in bermudagrass (*Cynodon dactylon*) turf. *Weed Technology*, *14*(2), 357–365. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0357:PCRAYN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0357:PCRAYN]2.0.CO;2)
- Cantos-Lopes, A., Vilela-de Resende, J. T., Machado, J., Perez-Guerra, E., & Vilela-Resende, N. (2018). Alcohol production from sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) genotypes in fermentative medium. *Acta Agronómica*, *67*(2), 231–237. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n2.65321>
- Castillo Matamoros, R., Brenes Angulo, A., Esker, P., & Gómez-Alpízar, L. (2014). Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agronomía Costarricense*, *38*(2), 67–81. <https://doi.org/10.15517/rac.v38i2.17275>
- Chifan, R., Ramona, S., & Ioana, G. (2019). The cyclohexanediones effect on the *Sorghum halepense* control in the sunflower agroecosystem. *Research Journal of Agricultural Science*, *51*(4), 262–272.
- Correia, N. M., & Carvalho, A. D. F. (2021). Seletividade de herbicidas para batata-doce. *Weed Control Journal*, *20*(1), 1–6.
- Dittmar, P., & Boyd, N. S. (2020). *Weed management in sweet potato*. IFAS Extension University of Florida.
- Dittmar, P. J., Monks, D. W., Jennings, K. M., & Schultheis, J. R. (2013). Effects of halosulfuron POST on sweetpotato yield and storage root quality. *Weed Technology*, *27*(1), 113–116. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00175.1>
- El Sheikha, A. F., & Ray, R. C. (2017). Potential impacts of bioprocessing of sweet potato: Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(3), 455–471. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.960909>
- Frans, R., Talbert, R., Marx, D., & Crowley, H. (1986). Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In N. D. Camper (Ed.), *Research methods in weed science* (3rd ed., pp. 29–46). Weed Science Society of American.
- Galon, L., Castoldi, C. T., Forte, C. T., de David, F. A., Perin, G. F., & Radunz, A. L. (2018). Weed management in beans using subdoses of fluazifop-p-butyl + fomesafen. *Planta Daninha*, *36*, Article e018174070. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100054>
- Glaze, N. C., & Hall, M. R. (1990). Cultivation and herbicides for weed control in sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Weed Technology*, *4*(3), 518–523.

- Gómez Gómez, R., & Herrera Murillo, F. (2009). Control del coyolillo (*Cyperus rotundus* L.) con halosulfuron. *Revista de Agricultura Tropical*, 36, 1–10.
- Gonçalves, E. A., Menezes, D. C. D. H., Eduardo, D. V., Gualberto, R., & Gaion, L. A. (2021). Avaliação do controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*) com diferentes mecanismos de ação. *Revista Unimar Ciências*, 30(1–2). <http://201.62.80.75/index.php/ciencias/article/view/1682/0>
- Harrison, H. F., & Jackson, D. M. (2011). Greenhouse assessment of differences in clomazone tolerance among sweet potato cultivars. *Weed Technology*, 25(3), 501–505. <http://dx.doi.org/10.1614/WT-D-10-00132.1>
- Herrera-Murillo, F., & Picado-Arroyo, G. (2023). Eficacia y selectividad de herbicidas preemergentes en camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) variedad Zanahoria. *Agronomía Costarricense*, 47(1), 59–71. <https://doi.org/10.15517/rac.v47i1.53949>
- Hormenoo, Y. A., Agbenorhevi, J. K., Ekyem, S. O., Bonsu, K. O., Torve, V., & Voegborlo, B. R. (2021). Determination of some herbicide residues in sweet potato. *Cogent Food and Agriculture*, 7(1), Article 1910159. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1910159>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2015). *CENAGRO. 2014. Cultivos agrícolas, forestales y ornamentales. VI Censo Nacional Agropecuario*. https://inec.cr/es/tematicas/listado?keys=camote&shs_term_node_tid_depth=All&field_periodo_tid=All&field_anio_documento_value%5Bvalue%5D%5Bdate%5D=&topics=92%252C611&filtertext=CE NAGRO.%25202014%253A%2520Cultivos%2520Agr%25C3%25ADcolas
- Levett, M. P. (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. *The Journal of Agricultural Science*, 118(1), 63–70. <https://doi.org/10.1017/S0021859600068015>
- Lugo-Torres, M. de L., & Díaz, M. (2007). Weed control in sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 91(3–4), 161–167. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v91i3-4.3283>
- MacRae, A. W., Monks, D. W., Batts, R. B., Thorton, A. C., & Schultheis, J. R. (2007). Sweet potato tolerance to halosulfuron applied postemergence. *Weed Technology*, 21(4), 993–996.
- Martí, H. R., Budde, C., Constantino, A., Di Feo, L. D. V., Mitidieri, M. S., Segade, G., & Gabilondo, J. (2018). Orientaciones para el manejo del cultivo. En H. R. Martí (Ed.), *Producción de batata* (Capítulo 5, pp. 35–77). INTA Ediciones.
- Meyers, S. L., Chaudhari, S., Jennings, K. M., Miller, D. K., & Shankle, M. W. (2020). Response of sweetpotato to pendimethalin application rate and timing. *Weed Technology*, 34(2), 301–304. <https://doi.org/10.1017/wet.2019.103>
- Meyers, S. L., Jennings, K. M., & Monks, D. W. (2013). Herbicide-based weed management programs for palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in sweetpotato. *Weed Technology*, 27(2), 331–340. <http://dx.doi.org/10.1614/WT-D-12-00036.1>
- Meyers, S. L., Jennings, K. M., & Monks, D. W. (2017). Sweetpotato tolerance and palmer amaranth control with metribuzin and oryzalin. *Weed Technology*, 31(6), 903–907. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.56>
- Meyers, S. L., & Shankle, M. W. (2016). Postemergence yellow nutsedge management in sweetpotato. *Weed Technology*, 30(1), 148–153. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00032.1>
- Moore, L. D., Jennings, K. M., Monks, D. W., Leon, R. G., Jordan, D. L., & Boyette, M. D. (2021). Safety and efficacy of linuron with or without an adjuvant or S-metolachlor for POST control of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in sweetpotato. *Weed Technology*, 35(3), 471–475. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.27>

- Motsenbocker, C. E., & Monaco, T. J. (1993). Differential tolerance of sweet potato (*Ipomoea batatas*) clones to metribuzin. *Weed Technology*, 7(2), 349–354. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00027718>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *FAOSTAT. Cultivos y producción de ganadería. Producto: Batatas, bionatos. Área: Mundo. 1994–2020*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Porter, W. C. (1990). Clomazone for weed control in sweet potatoes (*Ipomoea batatas*). *Weed Technology*, 4(3), 648–651. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00026142>
- Seem, J. E., Creamer, N. G., & Monks, D. W. (2003). Critical weed-free period for ‘Beauregard’ sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Weed Technology*, 17(4), 686–695. <http://dx.doi.org/10.1614/WT02-089>
- Tai-Hua, M., & Peng-Gao, L. (2019). Sweet potato: Origin and production. In M. Tai-Hua, & S. Jaspreet (Eds.), *Sweet potato: Chemistry, processing and nutrition* (1st ed., pp. 5–25). Academic Press.
- Talatala, R. L., Mariscal, A. M., & Secreto, A. C. (1978). Critical periods for weed control in sweet potatoes. *Philippine Journal of Weed Science*, 5, 1–6.
- Wadl, P. A., Cutulle, M. A., Jackson, D. M., & Harrison, H. F. (2020). Evaluation of the USDA sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] germplasm collection for tolerance to the herbicide clomazone. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67, 1107–1113. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00921-8>