



Eficacia de herbicidas posemergentes sobre *Oryza latifolia* Desv. (arroz pato) y selectividad al arroz Palmar 18¹

Efficacy of post-emergent herbicides on *Oryza latifolia* Desv. (broadleaf rice) and selectivity to Palmar 18 rice

Grettel Picado-Arroyo², Franklin Herrera-Murillo²

¹ Recepción: 12 de octubre, 2021. Aceptación: 17 de marzo, 2022. Este trabajo formó parte de la tesis de Licenciatura de la primera autora, denominada “Eficacia de herbicidas preemergentes y posemergentes para el control de *Oryza latifolia* Desv. (arroz pato) bajo condiciones de invernadero”, realizada y financiada por la Universidad de Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Programa Manejo Integrado de Malezas. Alajuela, Costa Rica. grettel.picadoarroyo@ucr.ac.cr (autora para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-0251-2224>), franklin.herrera@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0001-5106-7940>).

Resumen

Introducción. *Oryza latifolia* Desv. es una maleza problemática en plantaciones de arroz, dada la competencia que ejerce y la limitada disponibilidad de herbicidas para su control, que sean selectivos a variedades de arroz convencional. **Objetivo.** Identificar herbicidas posemergentes eficaces contra *O. latifolia* y selectivos a la variedad de arroz Palmar 18 (*Oryza sativa* L.). **Materiales y métodos.** De abril a noviembre del 2019 en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica, se realizaron dos experimentos en macetas bajo condiciones de invernadero; en el primero se evaluaron los herbicidas fenoxaprop-p-etil 50, 70, 90 g i.a. ha⁻¹, setoxidim 125, 225, 325 g i.a. ha⁻¹ y profoxidim 150, 200, 250 g i.a. ha⁻¹, aplicados sobre plantas de *O. latifolia* de dos a tres hojas. Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar con diez tratamientos (se incluyó un testigo sin herbicida) y cinco repeticiones. En el segundo experimento, se evaluó la selectividad de fenoxaprop-p-etil 50 g i.a. ha⁻¹, setoxidim 125 g i.a. ha⁻¹ y profoxidim 150 g i.a. ha⁻¹, a la variedad convencional Palmar 18 en 2-3 y 4-5 hojas. Se utilizó un diseño irrestricto al azar con arreglo factorial 3x2 (tres herbicidas y dos estados de desarrollo), dos testigos sin herbicidas y seis repeticiones. **Resultados.** Todos los herbicidas en las dosis evaluadas controlaron entre 96 y 100 % a *O. latifolia*. Los herbicidas profoxidim y setoxidim mostraron ser selectivos al arroz Palmar 18, bajo las condiciones en que se realizó la investigación, no así el fenoxaprop-p-etil que causó daños severos en las plantas de arroz Palmar 18. **Conclusión.** Profoxidim 150 g i.a. ha⁻¹ y setoxidim 125 g i.a. ha⁻¹ fueron eficaces contra *O. latifolia* y solo causaron daños leves temporales a la variedad de arroz Palmar 18.

Palabras clave: malezas, selectividad, fitotoxicidad, estados fenológicos, variedad.

Abstract

Introduction. *Oryza latifolia* Desv. is a problematic weed in rice plantations given the competition it exerts and the limited availability of herbicides for its control, which are selective to conventional rice varieties. **Objective.** To identify post-emergent herbicides effective against *O. latifolia* and selective to the Palmar 18 rice (*Oryza sativa* L.)



variety. **Materials and methods.** From April to November 2019 at the Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica, two experiments were carried out in pots and under greenhouse conditions; in the first one, the herbicides fenoxaprop-p-ethyl 50, 70, 90 g a.i. ha⁻¹, sethoxydim 125, 225, 325 g a.i. ha⁻¹, and profoxydim 150, 200, 250 g a.i. ha⁻¹, applied on *O. latifolia* plants with two to three leaves, were evaluated. An unrestricted randomized experimental design with ten treatments (a control without herbicide was included), and five replications was used. In the second experiment, the selectivity of fenoxaprop-p-ethyl 50 g a.i. ha⁻¹, sethoxydim 125 g a.i. ha⁻¹, and profoxydim 150 g a.i. ha⁻¹, was evaluated on the conventional variety Palmar 18 in 2-3 and 4-5 leaves. An unrestricted randomized design was used with a 3x2 factorial arrangement (three herbicides and two stages of development), two controls without herbicides and six replications. **Results.** All herbicides at the doses evaluated controlled between 96 and 100 % of *O. latifolia*. The herbicides profoxydim and sethoxydim showed to be selective to Palmar 18 rice, under the conditions in which the research was carried out, but not fenoxaprop, which caused severe damage to Palmar 18 rice plants. **Conclusion.** Profoxydim 150 g a.i. ha⁻¹ and sethoxydim 125 g a.i. ha⁻¹ were effective against *O. latifolia* and only caused slight temporary damage to the Palmar 18 rice variety.

Keywords: weeds, selectivity, phytotoxicity, phenological stages, variety.

Introducción

Oryza latifolia Desv., conocida como arrozón o arroz pato, es una especie silvestre endémica del continente americano, se encuentra en varios países, desde México hasta Suramérica, y las islas del mar Caribe (Delouche et al., 2007; Zamora et al., 2003). Crece en ambientes naturales y en campos de producción de arroz. En sus estados iniciales de desarrollo puede ser confundida con el arroz comercial o con el arroz maleza (*Oryza sativa* L.); pero, a diferencia de ellos, *O. latifolia* es tetraploide con genoma CCDD (Vaughan, 1994; Zamora et al., 2003), perenne, sus hojas son más anchas, su floración es escalonada y las semillas tienen aristas (Urbina Algabas, 2018; Zamora et al., 2003).

O. latifolia es considerada una especie de arroz maleza, ya que al igual que el arroz maleza *O. sativa*, invade el cultivo, genera competencia, contamina la cosecha y provoca pérdidas económicas (Castro Espitia, 1999; Delouche et al., 2007). En Costa Rica, se encuentran reportadas ambas especies de arroz maleza (*O. sativa* y *O. latifolia*) en los campos de arroz, y es común que los productores abandonen el área sembrada o sustituyan el arroz comercial por otros cultivos como pastos o caña de azúcar, cuando ocurre alrededor de un 65 % de reducción en el rendimiento de los lotes sembrados con arroz (Delouche et al., 2007).

El control de *O. latifolia* es difícil para los productores de arroz convencional, ya que al ser una especie del mismo género (*Oryza*), no hay herbicidas registrados con selectividad diferencial a ambas especies de arroz. Además, la aplicación de herbicidas selectivos al arroz comercial elimina otras malezas, lo que favorece un aumento en la población y competencia de *O. latifolia* con el cultivo de arroz (Castro Espitia, 1999).

Dentro de las variedades de arroz convencional (sin incorporación de genes de resistencia a herbicidas), la variedad Palmar 18, es una de las más utilizadas en el Pacífico Central y Sur de Costa Rica (Corporación Arrocera Nacional, 2019), región donde además es problemática *O. latifolia*. Esta variedad comercial tiene un ciclo de 110 días, una altura de 105 cm, es tolerante al acame, a *Pyricularia oryzae* Cav., *Helminthosporium oryzae* L. y a la hoja blanca, aunque susceptible a *Rhizoctonia solani* Kühn., pseudomonas y *Sarocladium* W. Gams & D. Hawksworth (Oficina Nacional de Semillas, 2019).

El uso de herbicidas posemergentes con selectividad limitada a variedades de arroz convencional es una técnica que se podría utilizar para el control de *O. latifolia*. En el pasado el fenoxaprop-p-etil fue utilizado para el control de poáceas en arroz (Esqueda-Esquivel et al., 2015; Vallejos & Soto, 1995). También el setoxidim fue registrado

para el control de poáceas en varios cultivos dicotiledóneos (Neal, 2016), evaluado en arroz (Griffin & Baker, 1990; Pereira et al., 2012; Valverde et al., 2000) e incluso reportado su efecto sobre arroz rojo (Noldin et al., 1998); sin embargo, su uso fue sustituido por otros herbicidas más selectivos al arroz, tales como profloridim, cihalofop-butil, quinclorac y clomazone (Esqueda Esquivel & Tosquy Valle, 2014; Márquez, 2002), de los cuales, los últimos tres no son eficaces para el control de arroz maleza.

El profloridim, una ciclohexanodiona que inhibe la enzima ACCasa (Herbicide Resistance Action Committee [HRAC], n.d.), es recomendado para el control de *Echinochloa colona* (L.) Link. en arroz (Badische Anilin-und Soda-Fabrik [BASF], s.f.) y contra *E. crus-galli* (L.) P. Beauv., en dosis de 100 a 200 g i.a. ha⁻¹ (Kanatás, 2020; Panozzo et al., 2013), y según Vasilakoglou et al. (2018), este herbicida fue selectivo al arroz comercial incluso al aplicarlo en fenología de siete a ocho hojas.

Existe un vacío de información con respecto a la eficacia de herbicidas para el control de la especie *O. latifolia*, ya que los estudios realizados se han orientado al manejo de arroz maleza sin hacer separación entre las especies *latifolia* y *sativa*. Por lo anterior, se realizó esta investigación con el objetivo de identificar herbicidas posemergentes eficaces contra *O. latifolia* y selectivos a la variedad de arroz Palmar 18 (*Oryza sativa* L.).

Materiales y métodos

De abril a noviembre del 2019, se realizaron dos experimentos en el invernadero “D” ubicado en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica. En el primer experimento se evaluó la eficacia de herbicidas posemergentes en el control de *O. latifolia*. Se utilizaron macetas plásticas de 3 L de capacidad, llenas con suelo arcilloso (16 % limo, 22 % arena, 62 % arcillas y 2,20 % de materia orgánica), procedente de un lote sin presencia de esta maleza, ubicado en la finca arrocera Mojica, Bagaces, Guanacaste. El análisis químico de este suelo se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo procedente de Hacienda Mojica, utilizado en ambos experimentos. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Table 1. Chemical analysis of the soil from Hacienda Mojica, used in both experiments. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2019.

	pH H ₂ O	cmol (+) L ⁻¹					% SA	mg L ⁻¹				
		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
Suelo	6,50	0,10	16,20	8,40	0,30	25,00	0,40	49,00	7,20	19,00	166,00	2,00

CICE: capacidad de intercambio catiónico, SA: saturación de acidez. / CICE: cation exchange capacity, SA: acidity saturation.

En cada maceta plástica se sembraron veinticinco semillas de *O. latifolia*, a 1 cm de profundidad. La semilla utilizada tenía cinco meses de almacenada y se colectó en un lote infestado con esta maleza (latitud 10° 23' 28" y longitud 85° 12' 11"), en la misma finca donde se recolectó el suelo. Previo a la siembra, y con el propósito de romper la latencia, fue necesario someter la semilla durante 1 h a 40 °C, sumergirla en una solución de nitrato de potasio al 0,50 % durante 24 h y drenarla 2 h, según metodología descrita por Picado (2020).

Las macetas plásticas se colocaron dentro del invernadero en una mesa con cobertura plástica con bordes de 10 cm de alto para retener el agua, denominada bancal, en la cual se mantuvo una lámina de agua de 2 cm de profundidad para suministrar humedad constante por capilaridad. Cuando las plantas alcanzaron una hoja, se realizó un raleo y se dejaron quince plantas por maceta plástica. Los herbicidas evaluados (Cuadro 2) se aplicaron en estado fenológico de dos a tres hojas, con un aspersor eléctrico de presión constante, calibrado para aplicar un volumen de 250 L ha⁻¹. El pH del agua fue 7 y no se agregó coadyuvante a los tratamientos.

Cuadro 2. Herbicidas posemergentes y sus respectivas dosis evaluadas para el control de *O. latifolia*. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Table 2. Post-emergent herbicides and their respective rates evaluated for the control of *O. latifolia*. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamiento herbicida	Gramos de ingrediente activo por hectárea
Fenoxaprop-p-etil	50, 70, 90
Setoxidim	125, 225, 325
Profoxidim	150, 200, 250

El diseño experimental utilizado fue irrestricto al azar con diez tratamientos (se incluye el testigo sin herbicida) y cinco repeticiones. Se evaluó el número de plantas vivas de *O. latifolia* (se consideró planta viva aquella que tuviera sana la primera hoja de crecimiento), el porcentaje de control comparado con el testigo sin herbicida (según escala porcentual de Frans et al. (1986), en la cual se asigna valor de cero a las plantas sanas y los valores restantes, incrementan según porcentaje de control hasta el 100 %, que corresponde a la muerte total de plantas) y la biomasa aérea seca (g) a los 30 días después de la aplicación (dda).

En el segundo experimento se evaluó la selectividad a la variedad de arroz (*O. sativa*) Palmar 18, de los herbicidas que alcanzaron al menos un 80 % de control de *O. latifolia* en el primer experimento. Se utilizó esta variedad de arroz, debido a que, al momento de realizar la investigación, fue una de las variedades que más se sembró en la zona donde *O. latifolia* es problemática (Corporación Arrocería Nacional, 2019).

Se llenaron macetas plásticas de 3 L de capacidad con el mismo tipo de suelo del experimento uno. En cada maceta se sembraron, a 1 cm de profundidad, veinte semillas de la variedad Palmar 18 con un 94 % de germinación. Se utilizaron dos momentos de siembra con dos semanas de diferencia, para obtener dos estados fenológicos distintos al momento de hacer la aplicación de los herbicidas. Las macetas se colocaron en un bancal con riego por capilaridad. Cuando las plantas alcanzaron una hoja se raleó a quince plantas por maceta.

Los tratamientos consistieron en los herbicidas fenoxaprop-p-etil 50 g i.a. ha⁻¹, setoxidim 125 g i.a. ha⁻¹ y profoxidim 150 g i.a. ha⁻¹. Estos herbicidas se aplicaron en dos estados fenológicos del arroz Palmar 18 (2-3 y 4-5 hojas), se incluyó además el respectivo testigo sin aplicación de herbicidas.

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó el mismo equipo y calibración indicado en el primer experimento. El pH del agua fue 7 y no se agregó coadyuvante a los herbicidas.

Se utilizó un diseño irrestricto al azar con arreglo factorial 3x2 (tres herbicidas, fenoxaprop-p-etil, setoxidim y profoxidim a la dosis más baja efectiva, y dos estados de desarrollo de la variedad Palmar 18), más los testigos sin aplicación de herbicidas, y seis repeticiones. A los 30 dda se evaluó la altura del dosel (cm), el porcentaje de daño al

arroz Palmar 18 (para lo cual se utilizó la escala porcentual de daño de Frans et al. (1986)) y la biomasa aérea seca (g). Los datos se sometieron a las pruebas de cumplimiento de supuestos del análisis de varianza, se analizaron por medio de Kruskal Wallis con comparación de pares al 5 % de probabilidad y modelos lineales generales y mixtos con comparación de medias según prueba DGC ($p>0,05$). Se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2010.

En ambos experimentos los sensores instalados indicaron condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas de *O. latifolia* y Palmar 18 durante el desarrollo de la investigación, con valores que se mantuvieron cercanos a los mencionados en la literatura, contenido de agua entre de 0,3 a 0,4 m³ por metro cúbico de suelo (Enciso et al., 2007), temperatura óptima de 25 a 30 °C (Vargas, 2010) y radiación PAR de 1200 a 1400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Ayari et al., 2000).

Resultados

Experimento 1. Eficacia de los herbicidas posemergentes sobre *O. latifolia*

Los herbicidas en todas las dosis evaluadas redujeron significativamente la cantidad de plantas de *O. latifolia*, así como la biomasa aérea seca, con valores cercanos a cero en la mayoría de los tratamientos herbicidas (Cuadro 3). La eficacia de estos productos también se reflejó en un alto porcentaje de control de la maleza, con valores entre el 96 y 100 % a los 30 dda, sin diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 3. Promedio del número de plantas vivas y biomasa aérea seca (g) de *O. latifolia* a los 30 días después de la aplicación de los tratamientos con herbicidas posemergentes. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Table 3. Average number of live plants and dry aerial biomass (g) of *O. latifolia* at 30 days after the application of the treatments with post-emergent herbicides. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamiento (g i.a. ha ⁻¹)	Número promedio de plantas vivas	Biomasa aérea seca (g)
Testigo sin herbicida	15 a	2,16 a
Fenoxaprop-p-etil 50	0,20 b	0,05 b
Fenoxaprop-p-etil 70	0 b	0 b
Fenoxaprop-p-etil 90	0,60 b	0,01 b
Profoxidim 150	0,80 b	0,04 b
Profoxidim 200	0 b	0 b
Profoxidim 250	0,40 b	0,02 b
Setoxidim 125	0,60 b	0,02 b
Setoxidim 225	0,20 b	0,01 b
Setoxidim 325	0,40 b	0,01 b

Medias reales con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según prueba de comparación de pares de Kruskal-Wallis ($p>0,05$). / Real means with the same letters are not significantly different from each other, according to the Kruskal Wallis pair comparison test ($p>0,05$).

Experimento 2. Selectividad de herbicidas posemergentes en arroz Palmar 18

Para las variables porcentaje de daño y altura del dosel de las plantas de arroz Palmar 18, se encontró que la interacción herbicidas x estados fenológicos fue significativa. En el caso del porcentaje de daño, el herbicida que causó el mayor efecto fue el fenoxaprop-p-etil, cuando se aplicó en estado de 2 a 3 hojas del arroz Palmar 18 (Figura 1). Algunas plantas tratadas con setoxidim presentaron “rayaduras blanquecinas” en determinadas hojas, síntoma que desapareció a los 30 dda, por lo que los daños fueron leves y temporales (menos del 10 %).

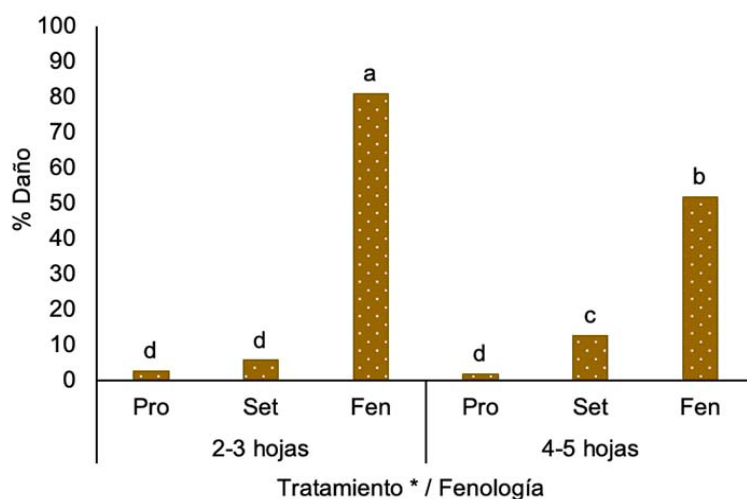


Figura 1. Porcentaje de daño en plantas de arroz (*O. sativa*) variedad Palmar 18, a los 30 días después de la aplicación de los herbicidas posemergentes. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

* Pro = profoxidim, Set = setoxidim y Fen = fenoxaprop-p-etil. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según prueba de DGC ($p>0,05$).

Figure 1. Percentage of damage in Palmar 18 rice (*O. sativa*) plants at 30 days after the application of the post-emergent herbicides. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2019.

* Pro = profoxydim, Set = sethoxydim and Fen = fenoxaprop-p-ethyl. Means with the same letters are not significantly different from each other, according to the DGC test ($p>0.05$).

Las plantas tratadas con fenoxprop-p-etil fueron las que mostraron mayor daño, mientras que con profoxidim y setoxidim los daños iniciales fueron leves y las plantas se recuperaron (Figura 2).

El fenoxprop-p-etil aplicado en estado de dos a tres hojas del arroz, causó la menor altura de las plantas, mientras que el setoxidim y el profoxidim no afectaron de manera significativa la altura de las plantas de arroz en comparación con el testigo sin herbicidas (Figura 3).

Para la variable biomasa seca de la parte aérea de las plantas de arroz Palmar 18, la interacción herbicidas por estados fenológicos no fue significativa; mientras que sí hubo diferencias significativas entre herbicidas. En comparación con el testigo, solo el fenoxaprop-p-etil redujo significativamente la biomasa aérea seca de las plantas de arroz Palmar 18, no así los herbicidas profoxidim y setoxidim (Figura 4).

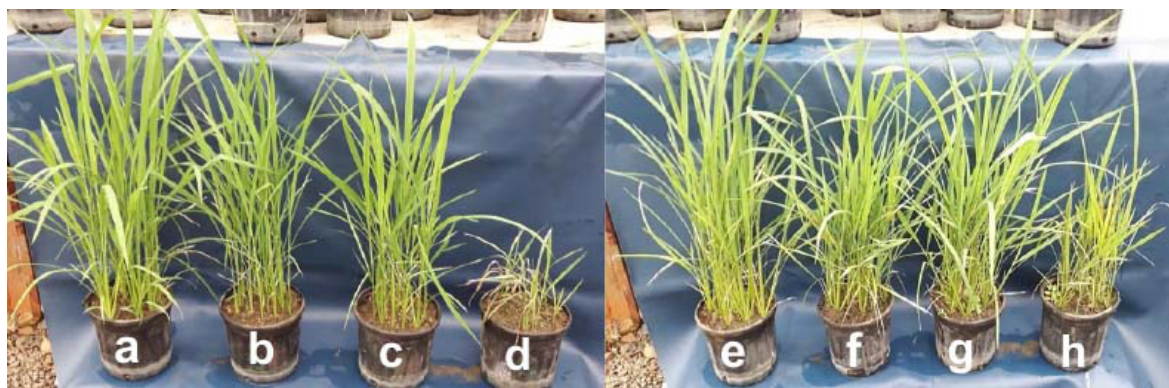


Figura 2. Efecto de los herbicidas posemergentes en la variedad de arroz Palmar 18 (*O. sativa*) a los 30 días después de la aplicación. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Fotografía izquierda: testigo (a), profoxydim 150 g i.a. ha⁻¹ (b), setoxidim 125 g i.a. ha⁻¹ (c) y fenoxaprop-p-etil 50 g i.a. ha⁻¹ (d) aplicados en fenología de 2 a 3 hojas. A la derecha: testigo (e), profoxydim 150 g i.a. ha⁻¹ (f), setoxidim 125 g i.a. ha⁻¹ (g) y fenoxaprop-p-etil 50 g i.a. ha⁻¹ (h) aplicados en arroz Palmar 18 con 4 a 5 hojas.

Figure 2. Effect of post-emergent herbicides on the Palmar 18 rice (*O. sativa*) variety at 30 days after its application. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Left photograph: control (a), profoxydim 150 g a.i ha⁻¹ (b), sethoxydim 125 g a.i ha⁻¹ (c), and fenoxaprop-p-ethyl 50 g a.i ha⁻¹ (d) applied in 2 to 3 leaf phenology. On the right: control (e), profoxydim 150 g a.i ha⁻¹ (f), sethoxydim 125 g a.i ha⁻¹ (g) and fenoxaprop-p-ethyl 50 g a.i ha⁻¹ (h) applied to Palmar 18 rice with 4 to 5 leaves.

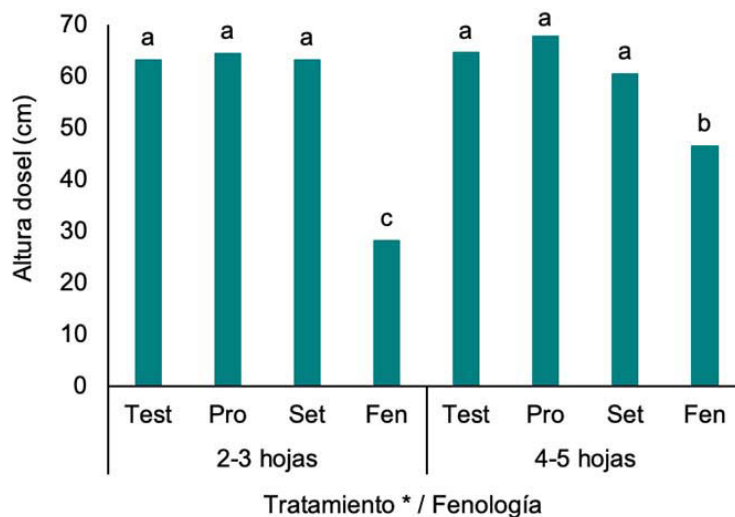


Figura 3. Altura del dosel (cm) de plantas de la variedad de arroz Palmar 18 (*O. sativa*), a los 30 días después de la aplicación de los herbicidas posemergentes. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

* Test = testigo, Pro = profoxydim, Set = setoxidim y Fen = fenoxaprop-p-etil.

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según prueba de DGC ($p>0,05$).

Figure 3. Canopy height (g) of Palmar 18 rice (*O. sativa*) plants, at 30 days after the application of post-emergent herbicides. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2019.

* Test = control, Pro = profoxydim, Set = sethoxydim, and Fen = fenoxaprop-p-ethyl. Means with the same letters are not significantly different from each other, according to the DGC test ($p>0,05$).

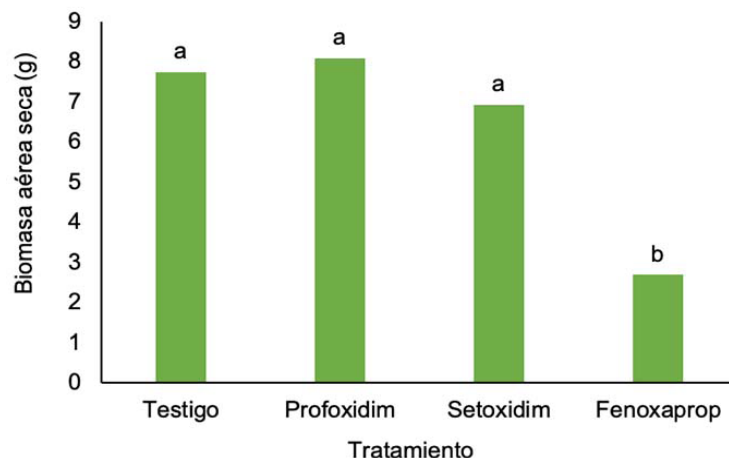


Figura 4. Biomasa aérea seca de plantas vivas de la variedad de arroz Palmar 18 (*O. sativa*), a los 30 días después de la aplicación de los herbicidas posemergentes. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según prueba de DGC ($p > 0,05$).

Figure 4. Dry aerial biomass of Palmar 18 rice (*O. sativa*) live plants, 30 days after the application of post-emergent herbicides. Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Means with the same letters are not significantly different from each other, according to the DGC test ($p > 0,05$).

Discusión

Todos los herbicidas en las dosis evaluadas mostraron eficacia contra *O. latifolia*, por ende, existen opciones para el manejo de esta maleza. Los herbicidas con mayor potencial para utilizar en la variedad Palmar 18, fueron el profoxidim y el setoxidim, dada su eficacia contra *O. latifolia* y su adecuada selectividad sobre la variedad de arroz estudiada, cuando fueron aplicados en estado de dos a tres y de cuatro a cinco hojas, ya que no afectaron la biomasa aérea seca, ni redujeron la altura de las plantas. Aunque, debe aclararse que el estudio no se llevó hasta cosecha, aspecto que debe ser corroborado en estudios de campo.

En el caso del profoxidim la selectividad observada en el arroz Palmar 18 concuerda con la información sobre su uso en arroz convencional, cultivo en el cual está registrado para el control de poáceas, en dosis de 150 a 200 g i.a. ha⁻¹ en estados de desarrollo del arroz comercial mayores a dos hojas, y con adecuado suministro de agua (BASF, s.f.). Esto indica que la dosis de 150 g i.a. ha⁻¹ de profoxidim, que tuvo control total de *O. latifolia*, está en el rango de la dosis comercial tolerada y recomendada para el cultivo, por lo cual es uno de los tratamientos con mayor potencial para utilizar en plantaciones de arroz convencional con alta incidencia de *O. latifolia*.

Con respecto al setoxidim, la dosis de 125 g i.a. ha⁻¹ causó “rayaduras blanquecinas” en algunas hojas del arroz Palmar 18, pero las plantas se recuperaron en los siguientes quince días. Este resultado coincide con lo indicado por Griffin y Baker (1990), quienes observaron que el setoxidim en dosis de 112 g i.a. ha⁻¹, solo causó daños leves cuando se aplicó en pre-inundación en tres variedades de arroz comercial.

Es probable que con una dosis menor a 125 g i.a. ha⁻¹ de setoxidim, se logre una mayor selectividad al arroz comercial, dado que está autorizado en este cultivo en un rango de dosis de 45 a 100 g i.a. ha⁻¹, para el control de poáceas como *Echinochloa colona* L., *Echinochloa crus-galli* L., *Leptochloa filiformis* (Lam.) Beauv., *Ischaemum rugosum* (Salisb.), *Ixophorus unisetus* (Presl.) Schltldl, *Setaria* spp., *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton y *Cenchrus* spp. (Servicio Fitosanitario del Estado, s.f.). Sin embargo, el disminuir

la dosis podría ir en detrimento del control de otras especies, tal es el caso de *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler, que requirió una dosis de 184 g i.a. ha⁻¹ para obtener un 99 % de control (Pereira et al., 2012).

Los resultados obtenidos en este experimento indicaron que *O. latifolia* fue más sensible a setoxidim que la variedad Palmar 18 (*O. sativa*), y es posible que *O. latifolia* sea más sensible que el arroz rojo (*O. sativa*), ya que según Noldin et al. (1998), una dosis de 400 g i.a. ha⁻¹ de setoxidim en soya, solo controló un 67 % del arroz rojo; dosis que supera la recomendada de este herbicida en el cultivo de arroz. Este resultado contrasta con el 100 % de eficacia en el control de *O. latifolia* obtenido en esta investigación con 125 g i.a ha⁻¹ de setoxidim, lo que indica una marcada diferencia de respuesta a este herbicida entre *O. sativa* y *O. latifolia*.

Para futuras investigaciones, la dosis de setoxidim podría ser ajustada para el control de *O. latifolia* y que se adecúe en el rango recomendado para su uso en variedades de arroz comercial.

Con relación al fenoxaprop-p-etil, si bien los resultados obtenidos en esta investigación mostraron un 100 % de control de *O. latifolia* en el rango de dosis de 50 a 90 g i.a. ha⁻¹, no fue selectivo al arroz Palmar 18 a la dosis de 50 g i.a. ha⁻¹, por lo cual no es recomendable su uso en arroz comercial. En el pasado este herbicida se utilizó en arroz para el control de poáceas, pero con selectividad limitada e influenciada por el estado de desarrollo del arroz comercial y el manejo de la fertilización posterior a su aplicación (Esqueda-Esquivel et al., 2015; Vallejos & Soto, 1995; Soto & Agüero, 1992).

El profoxidim a 150 g i.a. ha⁻¹ y el setoxidim a 125 g i.a. ha⁻¹, además de eliminar las plantas de *O. latifolia* (primer experimento), no causaron efectos negativos significativos cuando fueron aplicados en los estados de desarrollo de 2 a 3 y de 4 a 5 hojas de la variedad Palmar 18, lo cual se ajusta al propósito deseado en este experimento. Sin embargo, se debe tener presente que ambos herbicidas son ciclohexanodionas con el mismo mecanismo de acción (inhibidores de la ACCasa), grupo 1 según clasificación HRAC/WSSA (HRAC, n.d.), por lo cual ante su eventual uso, se debe procurar su rotación con otros herbicidas de grupos químicos diferentes, para bajar la presión de selección y evitar posible aparición de biotipos de esta maleza con resistencia a estos dos herbicidas.

Esta investigación muestra resultados que pueden ayudar en el diseño de estrategias para el manejo de *O. latifolia* en plantaciones de arroz; sin embargo, se requiere validación de los resultados en campo bajo las condiciones propias de cada zona arrocera.

Conclusiones

Los herbicidas posemergentes profoxidim 150 g i.a. ha⁻¹ y setoxidim 125 g i.a. ha⁻¹ fueron eficaces para el control de *O. latifolia* en estado de dos a tres hojas, y presentaron adecuada selectividad al arroz convencional Palmar 18, cuando fueron aplicados sobre esta variedad en estados de desarrollo de dos a cinco hojas.

Referencias

- Ayari, O., Samson, G., Dorais, M., Boulanger, R., & Gosselin, A. (2000). Stomatal limitation of photosynthesis in winter production of greenhouse tomato plants. *Physiologia Plantarum*, 110(4), 558–564. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2000.1100420.x>
- Badische Anilin-und Soda-Fabrik. (s.f.). *Aura® 20 EC, herbicida para arroz*. Recuperado el 29 de noviembre de 2019, de <https://bit.ly/3ocOzXe>

- Castro Espitia, H. A. (1999). Manejo de arroces contaminantes en las áreas productoras de arroz comercial de Costa Rica. En Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (Ed.), *Taller global de control de arroz rojo* (pp. 19–24). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://bit.ly/3zfrPe>
- Corporación Arroceras Nacional. (2019). *Informe estadístico período 2018-2019*. <https://bit.ly/3Ovz5bP>
- Delouche, J. C., Burgos, N. R., Gealy, D. R., Zorrilla de San Martín, G., & Labrada, R. (2007). *Arroces maleza-origen, biología y control*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/3/a1023s/a1023s00.pdf>
- Enciso, M. J., Porter, D., & Périès X. (2007). *Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego (B-6194S08/07)*. Cooperativa de Texas Extensión. <https://bit.ly/3IOFEK3>
- Esqueda Esquivel, V. A., & Tosquy Valle, O. H. (2014). Validación de Cihalofop-Butilo + Clomazone para el control de *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 741–751. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i5.897>
- Esqueda-Esquivel, V. A., Uresti-Durán, D., & Hernández-Aragón, L. (2015). Alternativas al fenoxaprop-etil para el control del zacate Johnson (*Sorghum halepense*) en arroz de riego. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(6), 317–325. <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/294>
- 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* (pp. 29–46). Weed Science Society of America.
- Griffin, J. L., & Baker, J. B. (1990). Tolerance of rice (*Oryza sativa*) cultivars to Fenoxaprop, Sethoxydim, and Haloxypof. *Weed Science*, 38, 528–531. <https://doi.org/10.1017/S0043174500051420>
- Herbicide Resistance Action Committee. (n.d.). *Global classification lookup*. Retrieved March 30th 2020 from <https://hracglobal.com/tools/classification-lookup>
- Kanatas, P. (2020). Susceptibility of *Echinochloa crus-galli* biotypes from rice crop to profoxydim and impact of the weed growth stage. *Journal of Agricultural Science*, 42(1), 168–173. <http://doi.org/10.17503/agrivita.v42i1.2536>
- Márquez, T. (2002). Recomendaciones para mejorar los tratamientos herbicidas. *Revista Vida Rural*, 145, 42-48.
- Neal, J. (2016, May 9). *Segment (sethoxymid)*. NC State Extension Publications. <https://content.ces.ncsu.edu/segment-sethoxymid>
- Noldin, J. A., Chandler, J. M., McCauley, G. N., & Sij, J. W. (1998). Red rice (*Oryza sativa*) and *Echinochloa* spp. control in Texas gulf coast soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 12(4), 677–683. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00044547>
- Oficina Nacional de Semillas. (2019). *Características varietales y agronómicas de los materiales de arroz pertenecientes al registro de variedades comerciales (RVC) de la ONS*. <https://bit.ly/3PycBYs>
- Panozzo, S., Scarabel, L., Tranel, J. P., & Sattin, M. (2013). Target-site resistance to ALS inhibitors in the polyploid species *Echinochloa crus-galli*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 105(2), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.12.003>
- Pereira, M. R. R., Martins, D., Souza, G. S. F., Rodrigues-Costa, A. C. P., & Klar, A. E. (2012). Efficacy of herbicides applied to *Digitaria horizontalis* plants under different water conditions. *Planta Daninha*, 30(1), 165–172. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000100019>

- Picado, G. M. (2020). *Eficacia de herbicidas preemergentes y poseemergentes para el control de Oryza latifolia Desv. (arroz pato) bajo condiciones de invernadero* [Tesis de Licenciatura, no publicada]. Universidad de Costa Rica.
- Servicio Fitosanitario del Estado. (s.f.). *Arroz (Oryza sativa Var. N.I.), registro plaguicida setoxidim*. Recuperado el 14 de octubre, 2022 de <https://bit.ly/3yNsfbc>
- Soto, A., & Agüero, R. (1992). *Combate químico de malezas en el cultivo del arroz*. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Urbina Algas, R. (2018). *Control de calidad en la producción “tradicional” y “no convencional” de semilla de arroz (Oryza sativa L)*. HarvestPlus, América Latina y el Caribe. <https://bit.ly/3PdK1Ma>
- Vallejos, E., & Soto, A. (1995). Influencia del estado de desarrollo del arroz sobre su tolerancia al fenoxaprop-etilo y sobre la interferencia de la maleza *Ischaemum rugosum*. *Agronomía Costarricense*, 19(2), 67–73.
- Valverde, B. E., Riches, C. R., & Caseley, J. C. (2000). *Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en América Central con Echinochloa colona* (1ª ed.). Cámara de Insumos Agropecuarios de Costa Rica. <https://bit.ly/3ccIRSq>
- Vargas, J. P. (2010). El arroz y su medio ambiente. En V. D. Beltramo, C. P. Martínez, & F. Motta (Eds.), *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina* (pp. 83-99). Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://bit.ly/3oviM4d>
- Vasilakoglou, I., Dhima, K., & Gitsopoulos, T. (2018). Management of penoxsulam- and bispyribac resistant late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) biotypes and rice sedge (*Cyperus difformis*) in rice. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 78(2), 276–286. <http://doi.org/10.4067/S0718-58392018000200276>
- Vaughan, D. A. (1994). *The wild relatives of rice: A genetic resources handbook*. International Rice Research Institute.
- Zamora, A., Barboza, C., Lobo, J., & Espinoza, A. M. (2003). Diversity of native rice (*Oryza* Poaceae): species of Costa Rica. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50, 855–870. <https://doi.org/10.1023/A:1025998801637>