

Comparación de la eficacia, días control y selectividad de seis herbicidas para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo

**Kimberly Mariley Loor Suche
Jofiel Ramón Jirón Zeledón**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Comparación de la eficacia, días control y selectividad de seis herbicidas para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Kimberly Mariley Loor Suche
Jofiel Ramón Jirón Zeledón

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2017

Comparación de la eficacia, días control y selectividad de seis herbicidas para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo

Kimberly Mariley Loor Suche
Jofiel Ramón Jirón Zeledón

Resumen. El control de malezas y el tipo de riego son factores fundamentales para la producción de arroz. La mayoría de malezas son controladas bajo riego por inundación. Sin embargo, se desconoce el manejo de éstas bajo riego por goteo. El objetivo de este estudio fue comparar la eficacia, días control y selectividad de seis herbicidas para arroz, bajo condiciones de riego por goteo durante la estación seca del año. El estudio se realizó en el lote 10 de Zona 2 de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Se tomaron muestras aleatorias en 0.12 m² en 28 parcelas experimentales; se contaron y clasificaron las malezas por especie. La eficacia de los herbicidas se evaluó a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación y se encontró que los herbicidas sistémicos muestran mejor control a partir de los 14 días después de la aplicación. Los herbicidas tuvieron diferente eficacia, Facet® 25 SC (quinclorac) a los 7 días después de aplicado no tuvo ningún control, sin embargo, a los días 21 y 28 después de la aplicación tuvo un control del 50% de las malezas. El herbicida de mayor eficacia y días control fue Superice® 48 EC (propanil) a través de todos los días evaluados. La selectividad al arroz se evaluó de manera visual por medio de una tabla de nivel de daño con rangos entre 0% (sin daño visual) y 100% (pérdida total del cultivo). Todos los herbicidas evaluados fueron selectivos al arroz.

Palabras clave: Banco de semillas, control químico, efectividad, etiquetas, fitotoxicidad, residualidad.

Abstract. The control of undergrowth and the type of irrigation are fundamental factors for rice production. Flood irrigation control the most of weeds. However, it's unknown if it can be controlled by drip irrigation. The objective of this research was to determine the efficacy, days of control and selectivity of six herbicides for rice, under drip irrigation conditions in the dry season. The experiment was in Zone 2 allotment of the Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Random samples were taking in 0.12 m² in 28 experimental plots; the weeds were classified by species. At the 7, 14, 21 and 28 days after the application was the evaluation of the herbicides efficacy and it was better on systematic herbicides in 14 days after the application. All the herbicides showed different efficacy, Facet® 25 SC (quinclorac) at the 7 days after the application does not received any kind of control. In the other hand, in 21 and 28 days after the application received a control of initial undergrowth in the 50%. The herbicides with the most efficacy and control days was Superice® 48 EC (propanil). The evaluation of the selectivity in rice was by a visual way by a damage level table with the ranges of 0% (no visual damage) and 100% (complete loss of the crop). The herbicides used in the research were selective to rice.

Key words: Chemical control, effectivity, phytotoxicity, residually, seed bank, tags.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4. CONCLUSIONES	20
5. RECOMENDACIONES	21
6. LITERATURA CITADA.....	22
7. ANEXOS	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de los herbicidas usados en el experimento en posemergencia temprana para el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.	6
2. Plantilla con la que se evaluó selectividad del herbicida en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.....	9
3. Resultados del análisis estadístico de significancia para el modelo evaluado, considerando los factores herbicidas y días después de aplicación y las variables eficacia, días control y selectividad en la evaluación de seis herbicidas para el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo condiciones de riego por goteo en Zamorano, Honduras	10
4. Comparación de la eficacia de seis herbicidas para el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en posemergencia sobre cuatro especies de malezas, 7 días después de aplicación de los tratamientos bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras	15
5. Comparación de la eficacia de seis herbicidas para el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en posemergencia sobre cuatro especies de malezas, 14 días después de aplicación de los tratamientos bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras	16
6. Comparación de la eficacia de seis herbicidas para el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en posemergencia sobre cuatro especies de malezas, 21 días después de aplicación de los tratamientos bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras	17
7. Comparación de la eficacia de seis herbicidas para el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en posemergencia sobre cuatro especies de malezas, 28 días después de aplicación de los tratamientos bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras	18
Figuras	Página
1. Establecimiento del cultivo de arroz en el lote 10 de Zona 2 para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.	3
2. Sistema de riego por goteo en las parcelas del experimento para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.	4
3. Dimensiones de un bloque de parcelas para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. ...	5

4. Mapa de campo para la distribución de los tratamientos en el lote del experimento para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.....	6
5. Marcado de las líneas durante las fechas de muestreo a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación en la evaluación de eficacia, días control y selectividad para el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.....	7
6. Área muestreada de 0.12 m ² para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.....	8
7. Eficacia en el control de malezas (total) de los herbicidas aplicados a los 10 días después de germinación y evaluados a los 7 días después de la aplicación en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Hondura.....	11
8. Eficacia en el control de malezas (total) de los herbicidas aplicados a los 10 días después de germinación y evaluados a los 14 días después de la aplicación en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.....	12
9. Eficacia en el control de malezas (total) de los herbicidas aplicados a los 10 días después de germinación y evaluados a los 21 días después de la aplicación en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.....	13
10. Eficacia en el control de malezas (total) de los herbicidas aplicados a los 10 días después de germinación y evaluados a los 28 días después de la aplicación en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.....	14
11. Efecto combinado de seis herbicidas y días de muestreo en el control total de malezas en el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.	19

Anexos	Página
1. Plantilla para conteo de malezas en 0.12 m ²	24
2. Aplicación de los herbicidas en las parcelas experimentales y uso del equipo de protección.	25
3. Descripción de los ingredientes activos de los herbicidas usados en el experimento.	25

1. INTRODUCCIÓN

Los granos o cereales constituyen la mayor parte de la dieta humana y animal a la cual aportan un alto porcentaje de sus requerimientos nutricionales. El arroz, está ubicado entre los cereales más importantes del mundo por su área de siembra y producción mundial (FAO 2016).

El arroz es cultivado por 144 millones de familias de agricultores, lo que equivale al 25% a nivel mundial y consume alrededor de 880 kilómetros cúbicos de agua, principalmente extraídos de los ríos (FAO 2016). Para el 2016 se previó un repunte histórico en la producción mundial del arroz de 498,5 millones de toneladas en arroz (FAO 2016).

El sistema de riego por inundación tiene una gran importancia en la producción de arroz, este tipo de riego representa el 55% de la superficie cosechada en el mundo y el 75% de la producción mundial del cultivo del arroz (Benavides y Jara 2014). Por su alta productividad y su fácil manejo, logra obtener una mayor aceptación entre los productores, lo que repercute en la problemática del uso del agua. Otra ventaja de este sistema de riego es el manejo de malezas y se utiliza como una estrategia principalmente para control de hoja ancha y la mayoría de gramíneas, debido a que la lámina de agua permanente impide el desarrollo de estas por falta de oxígeno. Para sobrevivir ante estas condiciones, el arroz posee tejidos especiales llamados aerénquimas, los que permiten la captura de oxígeno desde la atmósfera y los transporta al resto de la planta por medio de los espacios de aire dentro de la hoja (Sanchis 2014).

En el 2003 la extracción de agua para riego en Honduras fue de 1,153 km³, equivalente a más del 70% (FAO 2016). Sin embargo, ante toda esta problemática es importante explorar alternativas de sistemas de riegos más eficientes, como por ejemplo el sistema por goteo. Por lo tanto, se debe conocer varios aspectos agronómicos sobre el manejo del cultivo de arroz ante estas condiciones de riego.

La adopción de nuevos sistemas de riego más eficientes permitirían un ahorro del 15% de esta agua y se podría liberar más de 130 kilómetros cúbicos (Yadav y Reyes 2016). Normalmente, los suelos donde se cultiva arroz son francos a arcillosos (arriba del 20% de arcillas) con estructura laminar. En la preparación del suelo se busca que la capa superficial esté bien estructurada y permita un buen desarrollo radicular compuesto de partículas fina.

Ante la humedad que recibe el cultivo por el riego por inundación da lugar a una degradación de la estructura del suelo (FAO 2009). Esto presenta limitantes para el establecimiento de un nuevo cultivo para establecer un programa de rotación de cultivos, como estrategia para agotar reservas de los bancos de semillas de *Echinochloa* sp, principal maleza en arroz (Labrada 2003). El manejo de malezas es un aspecto importante a considerar, especialmente en la etapa vegetativa del cultivo; es decir desde la germinación hasta el inicio del macollamiento (Olmos 2006).

En el presente estudio se evaluó la eficacia de seis herbicidas en arroz aplicados en posemergencia temprana y evaluados a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación. Los herbicidas utilizados en el experimento son elaborados por diferentes casas comerciales y se distribuyen bajo diferentes presentaciones de solución concentrada y de emulsión; los mismos son: Arromax[®] 57 EC, Command[®] 48 EC, Facet[®] 25 SC, Nomineé[®] 100 SC, Poprice[®] 32 EC y Superice[®] 48 EC.

El mecanismo de acción de Command (clomazone) actúa afectando la biosíntesis de carotenoides; sin embargo, su sitio de acción específica no ha sido determinado aún (Heap 2017). Poprice (pretilachlor) inhibe la síntesis de largas cadenas de ácidos grasos. Superice (propanil), por otra parte, interviene en el Fotosistema II, produciendo radicales libres y destruyendo la membrana celular. El riesgo de resistencia es de bajo a medio. (Nufarm 2012a). Arromax usa los dos mecanismos anteriores, ya que sus ingredientes activos son clomazone y propanil. Facet (quinclorac) actúa con una lámina de agua de 5 cm a 8 cm con disruptores en el crecimiento celular (BASF 2005), por lo cual, su efectividad en arroz por sistema de riego por goteo es otro de los objetivos de la investigación. Por último, Nomineé (bispiribac-sodio) actúa por medio de la inhibición de Acetil Lactato Sintasa (ALS) en la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada. Con la desventaja que es altamente susceptible a desarrollar resistencia en las malezas (Nufarm 2012b).

Se aplicó la dosis promedio recomendada por la casa comercial. Esto con la finalidad de poder recomendar aplicaciones de herbicidas a productores locales que cultiven arroz bajo riego por goteo, promoviendo esta alternativa ante la presión existente en el uso de los recursos hídricos.

El objetivo de este estudio fue:

- Comparar la eficacia, días control y selectividad de seis herbicidas para arroz, bajo condiciones de riego por goteo durante la estación seca del año.

2. METODOLOGÍA

Ubicación del experimento

El experimento se desarrolló en el lote 10 de Zona 2 de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Ésta se ubica a 30 km de la ciudad de Tegucigalpa, carretera a Danlí. A una latitud de 14°4' Norte y longitud 87°22' Oeste. Zamorano se encuentra a 790 msnm y predomina una temperatura promedio anual de 24 °C y una precipitación anual de 1100 mm. El desarrollo del experimento se realizó en los meses de enero a abril del 2017 en la cual se registró una temperatura promedio de 22.6 °C y una escasa precipitación acumulada de 2.6 mm.

Establecimiento del experimento.

El suelo fue mecanizado previamente al establecimiento del cultivo de arroz, con un pase de rastra pesada (disco de 32 pulgadas) y una liviana (discos de 28 pulgadas). Luego fue estaquillada y delimitadas las parcelas. La textura del suelo fue franco arcilloso.



Figura 1. Establecimiento del cultivo de arroz en el lote 10 de Zona 2 para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.

Cada parcela midió 1 m de ancho por 5 m de largo, la densidad de siembra fue de 300 libras de semillas por hectárea (lb/ha) sembrada en surcos separadas a 20 cm. Las ventajas de este método de siembra son menos gastos de semillas y problemas que acarrear sembrar con altas densidades (Degiovanni et al. 2010). La distribución de los surcos de siembra de cinco surcos por metro, es decir, cada parcela tenía cinco surcos de arroz. Se ubicaron dos cintas de riego por parcela. La cinta usada fue marca Toro con una descarga de 3.5 litros por gotero por hora.



Figura 2. Sistema de riego por goteo en las parcelas del experimento para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.

Se usó la variedad de arroz DICTA-Comayagua. Los bloques fueron separados a una distancia de 2 m y las calles entre las parcelas tuvieron de 0.5 m de ancho. Cada bloque tuvo siete parcelas; seis parcelas con herbicidas y una parcela no tratada que se usó como control, para un total de 28 parcelas experimentales.

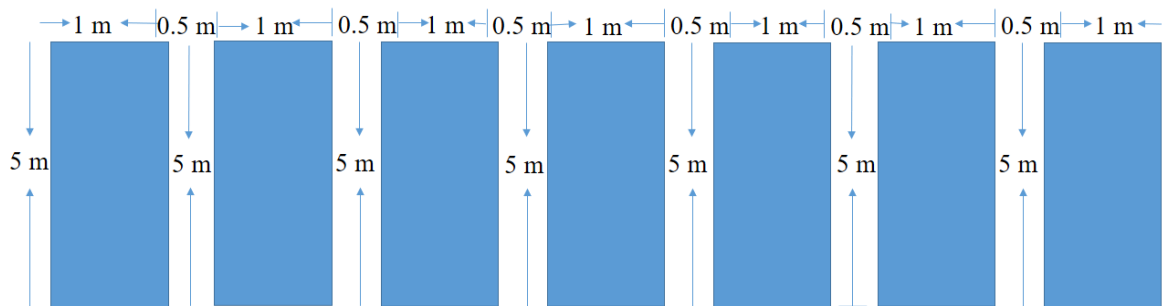


Figura 3. Dimensiones de un bloque de parcelas para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.

Aplicación.

La aplicación de herbicidas se realizó a los 10 días de emergencia del cultivo, cuando la maleza contaba de dos a tres hojas. El equipo para aplicar fue una bomba de mochila Matabi con una boquilla de abanico a una presión de 21 PSI. Primero se calibró el paso de aplicación, la descarga fue constante. Sin embargo, la velocidad con que se aplicó fue calibrada asegurando una aplicación uniforme en todas las parcelas. Se usó el equipo de protección adecuado: overol, mascarilla con filtro de carbono activo, guantes, botas, gorra monja y lentes.

Tratamientos.

La distribución de los tratamientos en las parcelas experimentales fue al azar (Figura 4). Siete tratamientos por bloque. Los tratamientos fueron Arromax[®] 57 EC, Command[®] 48 EC, Facet[®] 25 SC, Nominee[®] 100 SC, Poprice[®] 32 EC, Superice[®] 48 EC y una parcela no aplicada, la cual fue de control.

Bloque 4	Arromax [®] 57 EC	Command [®] 48 EC	Control	Poprice [®] 32 EC	Nomineé [®] 100 SC	Facet [®] 25 SC	Superice [®] 48 EC
Bloque 3	Facet [®] 25 SC	Poprice [®] 32 EC	Superice [®] 48 EC	Command [®] 48 EC	Control	Arromax [®] 57 EC	Nomineé [®] 100 SC
Bloque 2	Superice [®] 48 EC	Arromax [®] 57 EC	Facet [®] 25 SC	Command [®] 48 EC	Nomineé [®] 100 SC	Control	Poprice [®] 32 EC
Bloque 1	Facet [®] 25 SC	Nomineé [®] 100 SC	Superice [®] 48 EC	Control	Arromax [®] 57 EC	Command [®] 48 EC	Poprice [®] 32 EC

Figura 4. Mapa de campo para la distribución de los tratamientos en el lote del experimento para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.

Todos los herbicidas fueron seleccionados para control tanto de gramíneas y hoja ancha, los cuales fueron aplicados en posemergencia. A excepción del herbicida Superice[®] 48 EC y Arromax[®] 57 EC todos los demás fueron herbicidas sistémicos. La dosis aplicada a las parcelas fue la dosis promedio recomendada por la casa comercial de cada uno de los herbicidas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los herbicidas usados en el experimento en posemergencia temprana para el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Mecanismo de acción	Dosis (L/ha)
Arromax [®] 57 EC	Propanil + Clomazone	Sistémico y contacto	4.50
Command [®] 48 EC	Clomazone	Sistémico	1.25
Facet [®] 25 SC	Quinclorac	Sistémico	1.13
Nomineé [®] 100 SC	Bispiribac-sodio	Sistémico	0.60
Poprice [®] 32 EC	Pretilachlor	Sistémico	1.13
Superice [®] 48 EC	Propanil	Contacto	9.00

Variables evaluadas.

Las variables que se evaluaron fueron: Eficacia, Días Control y Selectividad de las malezas para el cultivo. Las muestras tomadas fueron de la población total de malezas dentro de un área de 0.35 m de ancho por 0.35 m de largo. Se marcaron los tres surcos centrales de la parcela para tomar la muestra, dejando el primer y último surco para que contrarresten el efecto borde (Figura 5). La muestra se tomó según fecha o tiempo después de la aplicación a los 7, 14, 21 y 28 días en diferentes lugares, a lo largo de la parcela, manteniendo suficiente distancia entre sí. La naturaleza de la muestra fue destructiva, debido a que para lograr un conteo de malezas más efectivo, se arrancaron y contaron por especie.

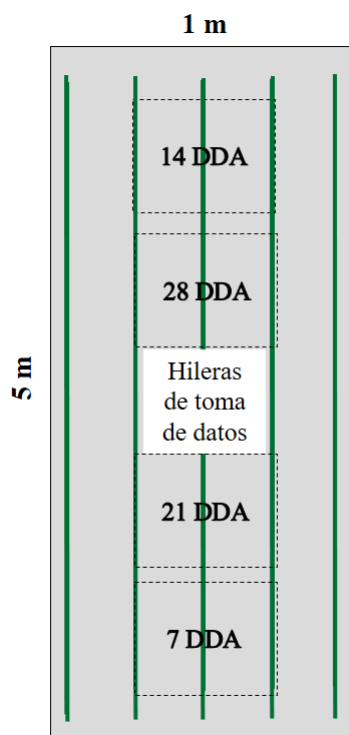


Figura 5. Marcado de las líneas durante las fechas de muestreo a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación en la evaluación de eficacia, días control y selectividad para el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.

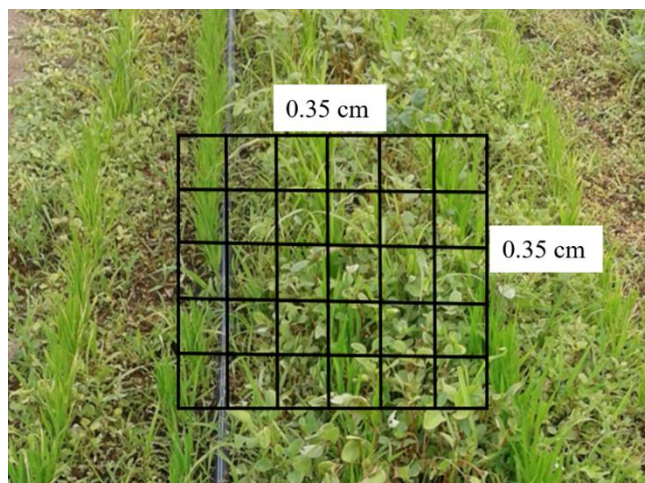


Figura 6. Área muestreada de 0.12 m^2 para la evaluación de los herbicidas para el control de malezas en arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras.

Para evaluar la efectividad se registró la población de malezas total dentro del área muestreada (0.12 m^2) y se comparó estadísticamente la diferencia entre los herbicidas y también con la parcela no aplicada. Para medir la selectividad se usó la tabla de Southern Weed Science Society (1996) (cuadro 2), en la cual se determina en base a porcentaje de daño observado al cultivo, indicando ningún daño (0%) y pérdida total del cultivo (100%) a causa de la fitotoxicidad por el herbicida.

Cuadro 2. Plantilla con la que se evaluó selectividad del herbicida en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Los datos fueron tomados a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación.

Descripción de categorías principales	Calificación (%)	Descripción detallada	Repetición			
			1	2	3	4
Ningún efecto	0	No daño				
	10	Leve clorosis y retraso en crecimiento				
Efecto leve	20	Clorosis y retraso en crecimiento.				
	30	Daño, pero no duradero				
	40	Daño moderado, se recupera				
Efecto moderado	50	Daño duradero, dudosa recuperación				
	60	Daño duradero, no hay recuperación				
	70	Fuerte daño, pérdida de plantas				
Efecto severo	80	Pocas plantas sobreviven				
	90	Solo algunas plantas sobrevivieron.				
Efecto completo	100	Destrucción total				

Adaptado de: Southern Weed Science Society (1996).

Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño estadístico de Bloques Completo al Azar (BCA), con cuatro repeticiones, cuatro tomas de datos y siete tratamientos (seis herbicidas y parcela control).

Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó a través de un Análisis de Modelos Lineales Generalizados (GLM) para definir la significancia del modelo $P \leq 0.05$ y una separación de medias ajustadas al procedimiento de la prueba LSD. Se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis estadístico, existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para las variables eficacia y días control. Para la variable selectividad no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$). En adición, la variable eficacia presentó una interacción altamente significativa para los factores herbicidas por días y una interacción significativa para la variable días control (Cuadro 3).

Al analizar la interacción para la variable días control, esta indica que los dos factores afectan a la eficacia de los herbicidas en la población total de malezas a lo largo del tiempo por tratamiento.

Cuadro 3. Resultados del análisis estadístico de significancia para el modelo evaluado, considerando los factores herbicidas y días después de aplicación y las variables eficacia, días control y selectividad en la evaluación de seis herbicidas para el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de riego por goteo en Zamorano, Honduras.

Factores	Eficacia	Días control	Selectividad
Herbicidas	**	**	ns
Días	**	**	ns
Herbicidas × días	**	*	ns

ns = No existieron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$).

* = Existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

** = Altamente significativo ($P \leq 0.0001$)

Eficacia

La eficacia en el control de malezas de hoja ancha y gramíneas fue afectada tanto por los herbicidas como también por los días en que se realizó el muestreo. A los 7 días después de la aplicación de los herbicidas en posemergencia, el tratamiento Superice[®] 48 EC (propanil) resultó el más eficaz con una densidad total de 15 malezas / 0.12 m². Por el contrario, el herbicida Facet[®] 25 SC (quinclorac) tuvo los menores niveles de eficacia comparado con el resto de los tratamientos y el control. Las especificaciones de la casa comercial indican que la máxima eficacia de Facet[®] 25 SC se obtiene cuando se aplica una lámina de agua entre 5 y 8 cm (BASF 2005); la falta de una lámina de agua en el estudio potencialmente minimizó la eficacia de este tratamiento (Figura 7).

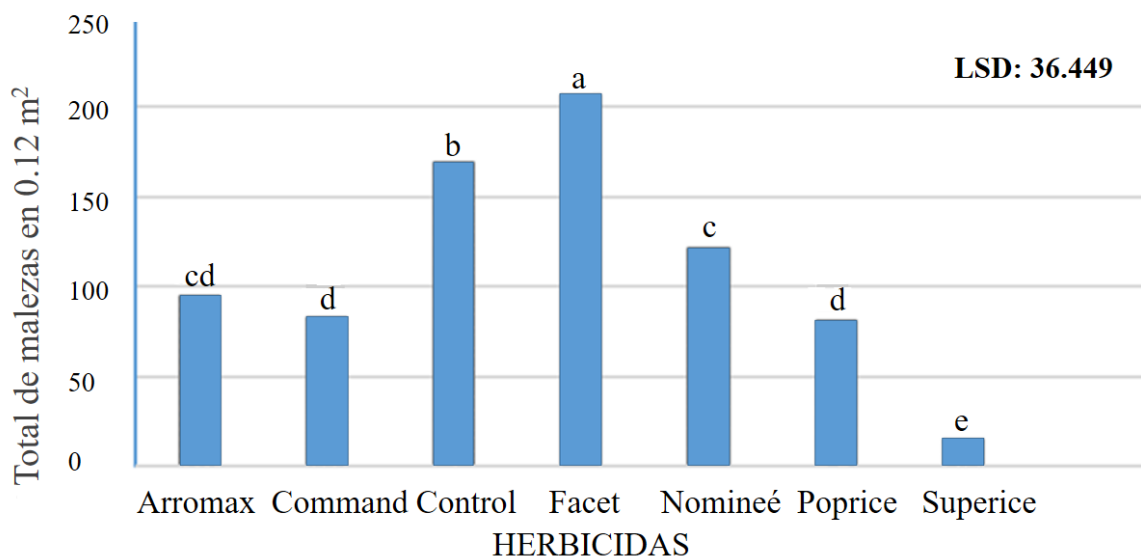


Figura 7. Eficacia en el control de malezas (total) de los herbicidas aplicados a los 10 días después de germinación y evaluados a los 7 días después de la aplicación en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($P > 0.05$) según la prueba de separación de media LSD.

A los 14 días después de aplicación, Superice[®] 48 EC (propanil) resultó el herbicida más eficaz con una densidad total de 14.25 malezas / 0.12 m² (Figura 8). Su efecto inmediato se explica al ser un herbicida de contacto, los cuales generalmente tienen una vida media corta, en el caso de propanil es de 3 días aproximadamente (Degiovanni *et al.* 2010).

Los resultados de este estudio coinciden con estudios de Esqueda donde propanil tuvo un control casi del 100% de las malezas, gramíneas y hoja ancha en el cultivo de arroz (Esqueda 2015). Los tratamientos Facet[®] 25 SC (quinclorac), Command[®] 48 EC (clomazone), Nomineé[®] 100 SC (bispiribac-sodio) y Poprice[®] 32 EC (pretilachlor), no presentaron diferencia significativa con la población de malezas con respecto a la parcela no tratada (Figura 8), sin embargo, si mostraron una reducción significativa en el control de estas comparado con el control a los 7 días después de la aplicación.

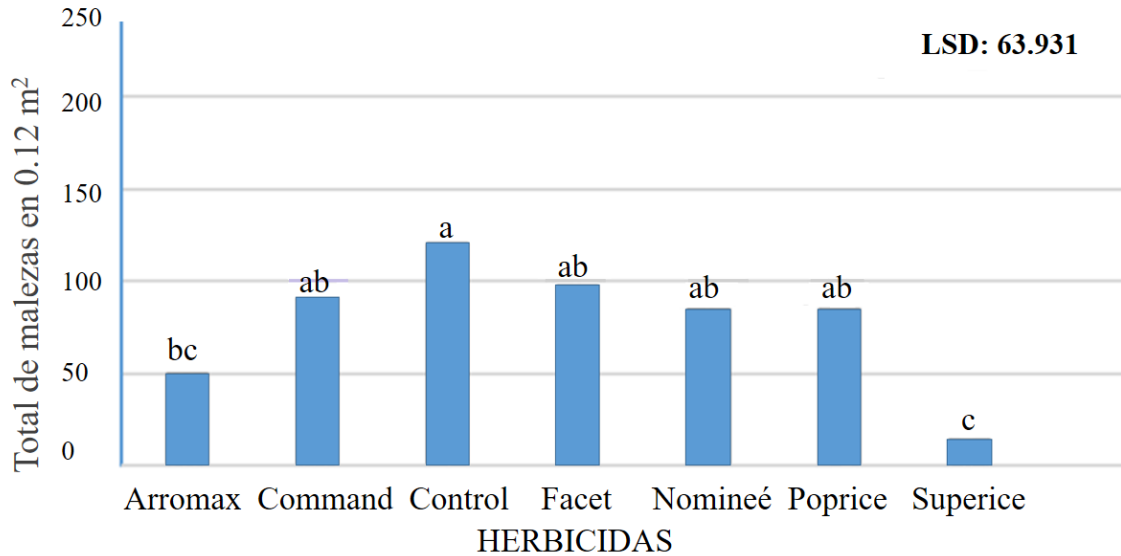


Figura 8. Eficacia en el control de malezas (total) de los herbicidas aplicados a los 10 días después de germinación y evaluados a los 14 días después de la aplicación en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($P > 0.05$) según la prueba de separación de media LSD.

A los 21 días después de la aplicación de los herbicidas en posemergencia, el herbicida Superice[®] 48 EC (propanil) resultó el más eficaz con una densidad total de 5 malezas / 0.12 m². Command[®] 48 EC (clomazone) cuya población de malezas no cambio en relación a los 14 días después de la aplicación, todos los herbicidas causaron una reducción en la población total de malezas, siendo Arromax[®] 57 EC (propanil + clomazone) y Poprice[®] 32 EC (pretilachlor) lo más eficaces después de Superice[®] 48 EC (propanil).

Superice[®] 48 EC fue el tratamiento con más eficacia. Este resultado está en desacuerdo con lo indicado CIAT en el 2010, donde indica que la degradación del producto se da a los 14 días por hidrolización en condiciones anaeróbicas (Degiovanni *et al.* 2010). Esto expone la influencia que tiene el tipo de riego, ya que mantiene el suelo en condiciones que aumenta la vida útil del herbicida y la época en que es realizado el experimento, meses de enero a abril, donde la precipitación es escasa. Así, también se ve influenciado por el factor clima, con una humedad relativa más baja, reduciendo la hidrolización del producto y degradación inmediata de mismo (Figura 9).

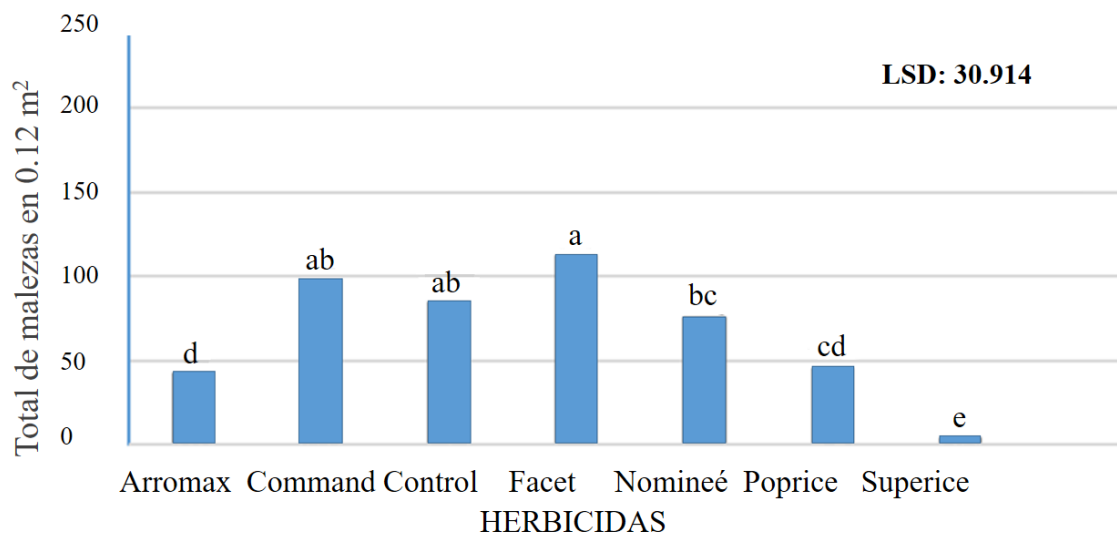


Figura 9. Eficacia en el control de malezas (total) de los herbicidas aplicados a los 10 días después de germinación y evaluados a los 21 días después de la aplicación en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($P > 0.05$) según la prueba de separación de media LSD.

Al final del periodo evaluado, todos los herbicidas tuvieron el mismo control sobre las malezas, con excepción de Superice[®] 48 EC (propanil), el cual continuó siendo el herbicida de mayor eficacia, con una población de 1.5 malezas / 0.12 m². La reducción de la población de malezas en la parcela control se pudo haber debido a la competencia entre ellas mismas o a la competencia del cultivo, ya que este tenía más de un mes de desarrollo.

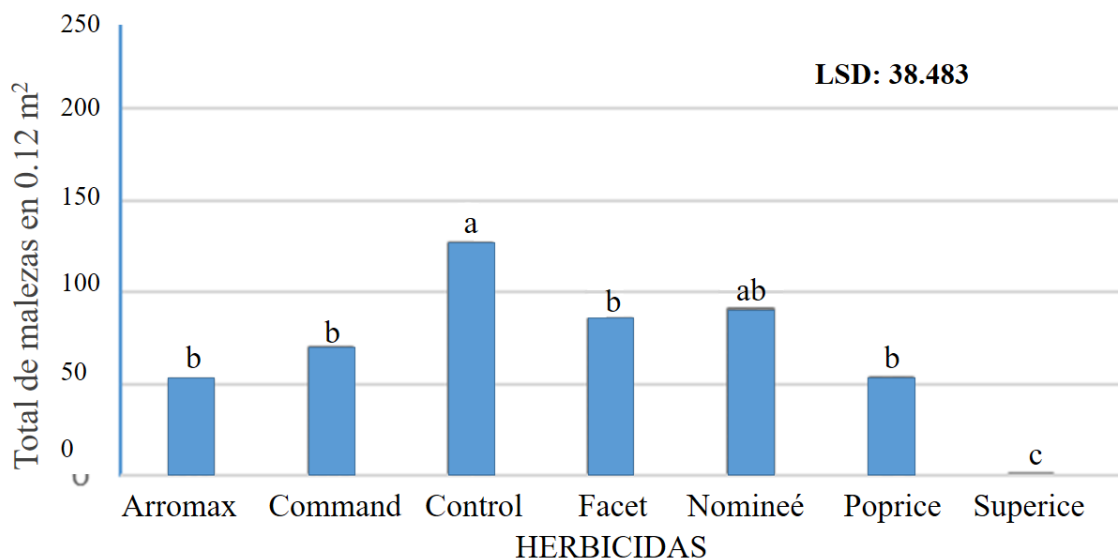


Figura 10. Eficacia en el control de malezas (total) de los herbicidas aplicados a los 10 días después de germinación y evaluados a los 28 días después de la aplicación en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($P > 0.05$) según la prueba de separación de media LSD.

En la población de malezas encontradas en las parcelas, predominaron 4 especies, estas fueron: *Eleusine indica* L. Gaertn., *Echinochloa colonum* L., *Amaranthus spinosus* L. y *Portulaca oleracea* L. (especies de hoja ancha) estas especies son comunes también comunes en campos de arroz inundados o en otros cultivos. A los 7 días después de la aplicación de los herbicidas las parcelas aplicadas con Nomineé[®] 100 SC presentaron un mayor número de *Eleusine indica* L. Gaertn., (21.5 malezas / 0.12 m²) y fue diferente a todos los herbicidas con excepción de Command[®] 48 EC, el cual tuvo un promedio de 14.3 malezas / 0.12 m². Arromax[®] 57 EC, Poprice[®] 32 EC y Superice[®] 48 EC tuvieron las mismas cantidades de *Eleusine indica* L. Gaertn. Facet[®] 25 SC y Command[®] 48 EC no fueron diferentes al control y mostraron poblaciones de aproximadamente 12 plantas de *Eleusine indica* L. Gaertn. por 0.12 m². Facet[®] 25 SC también mostro una mayor población de *Portulaca oleracea* L. (135.5 malezas / 0.12 m²) y allá población de *Amaranthus spinosus* L., lo que indica a Facet como el herbicida de menor eficacia a los 7 días después de la aplicación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de la eficacia de seis herbicidas para el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en posemergencia sobre cuatro especies de malezas, 7 días después de aplicación de los tratamientos bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Los valores descritos en el cuadro representan la población total de malezas encontradas en el área muestreada de 0.12 m².

Herbicidas	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	<i>Echinochloa colonum</i> L.	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Arromax [®] 57 EC	5.3 cd [¥]	24.0	3.3 b	65.5 bc
Command [®] 48 EC	14.3 ab	13.5	15.0 ab	41.5 cd
Control	13.6 b	23.5	32.4 a	88.5 b
Facet [®] 25 SC	10.3 bc	18.0	19.3 ab	135.5 a
Nomineé [®] 100 SC	21.5 a	0.0	17.3 ab	64.5 bc
Poprice [®] 32 EC	1.8 d	0.0	13.5 ab	64.3 bc
Superice [®] 48 EC	3.0 cd	0.0	1.0 b	10.5 d
LSD	7.8	25.3	19.8	37.2

[¥]=Medias con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.

A los 14 días después de la aplicación de los herbicidas *Eleusine indica* (L.) Gaertn. se encontró en cantidades similares en todas las parcelas y no hubo diferencia significativa en el control de esta maleza por ninguno de estos herbicidas. *Echinochloa colonum* L. también presentó poblaciones de malezas similares o estadísticamente iguales al control (44.6 malezas / 0.12 m²). Nomineé[®] 100 SC tuvo mayor población de *Echinochloa colonum* L. que Superice[®] 48 EC (6.3 malezas / 0.12 m²) pero no se diferenció del resto de herbicidas. Similarmente Nomineé[®] 100 SC y Superice[®] 48 EC tuvieron diferentes efectos observados en *Amaranthus spinosus* L. y *Portulaca oleracea* L. pero no fueron diferentes al resto al resto de los herbicidas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de la eficacia de seis herbicidas para el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en posemergencia sobre cuatro especies de malezas, 14 días después de aplicación de los tratamientos bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Los valores descritos en el cuadro representan la población total de malezas encontradas en el área muestreada de 0.12 m².

Herbicidas	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	<i>Echinochloa colonum</i> L.	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Arromax [®] 57 EC	6.8	16.3 ab [‡]	11.3 ab	13.8 ab
Command [®] 48 EC	11.5	24.5 ab	13.8 ab	36.8 ab
Control	11.4	44.6 ab	21.3 a	41.8 ab
Facet [®] 25 SC	6.3	41.3 ab	9.0 ab	40.8 ab
Nomineé [®] 100 SC	8.3	46.8 a	17.3 a	60.3 a
Poprice [®] 32 EC	13.5	10.0 ab	8.5 ab	51.5 ab
Superice [®] 48 EC	4.3	6.3 b	1.0 b	2.8 b
LSD	14.0	39.2	15.3	49.0

[‡]=Medias con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.

De las especies evaluadas 21 días después de la aplicación, se encontró una respuesta a los tratamientos en las especies *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Echinochloa colonum* L., *Amaranthus spinosus* L. y *Portulaca oleracea* L. Para *Eleusine indica* L. Gaertn. Superice[®] 48 EC, Poprice[®] 32 EC, Nomineé[®] 100 SC y Command[®] 48 EC fueron los que tuvieron mejor control y los de menor control fueron Arromax[®] 57 EC y Facet[®] 25 SC. Para la maleza *Echinochloa colonum* L. todos los herbicidas con excepción de Superice[®] 48 EC tuvieron el mismo control. Para *Amaranthus spinosus* L. todos con excepción de Nomineé[®] 100 SC y Poprice[®] 32 EC tuvieron el mismo control. Para la maleza *Portulaca oleracea* L. todos los tratamientos con excepción de Nomineé[®] 100 SC, Poprice[®] 32 EC y Superice[®] 48 EC tuvieron el mismo control (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de la eficacia de seis herbicidas para el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en posemergencia sobre cuatro especies de malezas, 21 días después de aplicación de los tratamientos bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Los valores descritos en el cuadro representan la población total de malezas encontradas en el área muestreada de 0.12 m².

Herbicidas	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	<i>Echinochloa colonum</i> L.	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Arromax [®] 57 EC	19.5 ab [‡]	0.0 b	7.5 abc	22.8 bcd
Command [®] 48 EC	36.3 abc	15.0 b	3.5 c	5.5 d
Control	58.8 a	20.3 b	4.5 bc	6.5 d
Facet [®] 25 SC	47.8 ab	9.3 b	7.0 abc	16.5 cd
Nomineé [®] 100 SC	33.5 abc	0.0 b	19.5 ab	52.8 ab
Poprice [®] 32 EC	11.8 bc	20.5 b	21.5 a	57.3 a
Superice [®] 48 EC	7.5 c	59.5 a	11.0 abc	40.5 abc
LSD	39.4	35.3	15.7	32.178

[‡]=Medias con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.

De las especies evaluadas 28 días después de la aplicación, se encontró una respuesta a los tratamientos en las especies *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Echinochloa colonum* L., *Amaranthus spinosus* L. y *Portulaca oleracea* L. Para la maleza *Eleusine indica* (L.) Gaertn los tratamientos Superice[®] 48 EC, Command[®] 48 EC y Poprice[®] 32 EC tuvieron mejor control. Todos los herbicidas tuvieron el mismo control con *Amaranthus spinosus* L. De igual manera, con *Echinochloa colonum* L., exceptuando los tratamientos de Command[®] 48 EC y F Facet[®] 25 SC. Para la maleza POOL los tratamientos con menos control fueron Nomineé[®] 100 SC y Poprice[®] 32 EC (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de la eficacia de seis herbicidas para el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en posemergencia sobre cuatro especies de malezas, 28 días después de aplicación de los tratamientos bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Los valores descritos en el cuadro representan la población total de malezas encontradas en el área muestreada de 0.12 m².

Herbicidas	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	<i>Echinochloa colonum</i> L.	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Arromax [®] 57 EC	46.5 bc [¥]	3.5	2.0 b	0.0 b
Command [®] 48 EC	31.0 cd	5.3	16.3 a	15.5 ab
Control	110.3 a	2.5	10.8 ab	0.8 b
Facet [®] 25 SC	68.3 b	3.0	3.3 a	11.3 ab
Nomineé [®] 100 SC	46.8 bc	10.5	8.8 ab	7.8 a
Poprice [®] 32 EC	10.0 d	9.0	8.8 ab	24.0 a
Superice [®] 48 EC	0.0 d	0.0	1.0 b	1.0 b
LSD	35.6	12.5	12.1	16.6

¥=Medias con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Días Control

Para la variedad de días control se puede observar en la gráfica las interacciones ocurridas entre los herbicidas y días control. Facet[®] 25 SC (quinclorac) inicialmente no presenta ningún tipo de control a las malezas y luego empieza a tener un control hasta llegar a un 50% de la población de malezas total de las que tuvo inicialmente. Comparado con los otros tratamientos éste no presentó diferencia significativa, pero fue el tratamiento que presentó mayor incidencia de malezas.

Superice[®] 48 EC (propanil) mantuvo un control uniforme durante las dos primeras fechas de muestreo, reduciendo las malezas hasta 14 y 15 / 0.12 m² respectivamente (Figura 11). Estas poblaciones fueron disminuyendo en las dos últimas fechas de muestreo a 5 y 1.5 malezas/ 0.12 m². Sin embargo, la eficacia fue igual a lo largo del periodo de muestreo. Este herbicida tuvo la mayor eficacia en comparación con los otros herbicidas utilizados en el ensayo a los 7 y 28 días de muestreo (Figura 11). A pesar que Superice[®] 48 EC (propanil) es un herbicida de contacto y que su vida media es inferior a 7 días, se observó que el efecto de este herbicida fue constante a través de la fecha de muestreo. Este efecto pudo haberse debido a que el control desde el inicio del herbicida fue completo, sin embargo, al hacer muestreos de tipo destructivo a lo largo de la parcela, pudo haberse observado mejor daño en las malezas a final del periodo que al principio (Figura 11).

Arromax[®] 57 EC (propanil + clomazone) tuvo su menor efecto a los 7 días de su aplicación (95 malezas / 0.12 m²), pero redujo la población de malezas a aproximadamente 50 malezas / 0.12 m² en las 3 fechas de muestreo, en las cuales se observó su mejor eficacia (Figura 11). Poprice[®] 32 EC (pretilachlor) causo una tendencia hacia la reducción en la población de malezas en la tercera fecha de muestreo, sin embargo, esta reducción no fue diferente a las cantidades observadas en las otras fechas. El comportamiento de Arromax[®] 57 EC (propanil + clomazone) a los 14 y 21 días después de la aplicación fue similar a Superice[®]

48 EC (propanil) esta similitud pudo haberse debido a que Arromax® 57 EC contiene propanil en su mezcla consecuentemente mostrando un patrón de control semejantes, pero la aplicación de propanil en el herbicida Superice® 48 EC es alrededor de 2.5 veces más concentrado de lo aplicado con el herbicida Arromax® 57 EC.

Facet® 25 SC (quinclorac) no mostró ningún efecto a los 7 días después de la aplicación, siendo el herbicida de menor eficacia en esta fecha de muestreo, sin embargo, a partir de los 14 días después de la aplicación este causo una reducción significativa en el control de las malezas en las tres fechas subsiguiente, sin embargo, las poblaciones de malezas se mantuvieron altas cerca de 100 malezas / 0.12 m², lo que indica que su eficacia bajo las condiciones de riego por goteo es limitada. Command® 48 EC (clomazone) y Nomineé® 100 SC (bispiribac-sodio) mantuvieron un control promedio a lo largo del periodo evaluado (Figura 11).

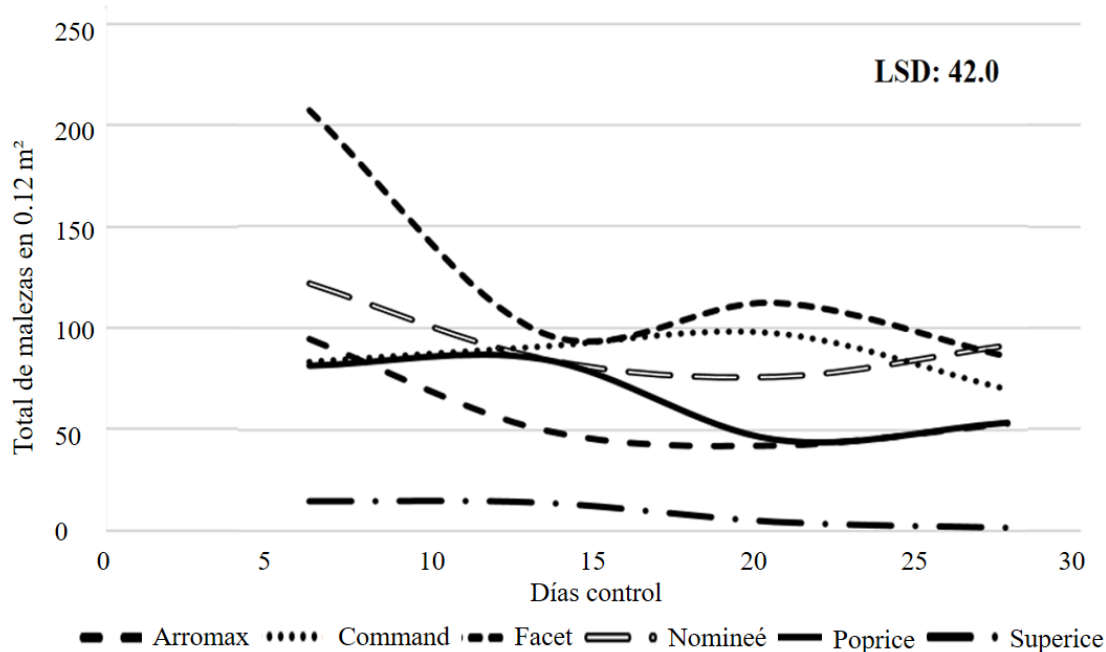


Figura 11. Efecto combinado de seis herbicidas y días de muestreo en el control total de malezas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego por goteo en Zamorano, Honduras. Las líneas representan la población total de malezas encontradas en el área muestreada de 0.12 m² y por un periodo de 7 a 28 días después de aplicación. Las diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 3) y reportadas a una significancia de $P \leq 0.05$ según la prueba de separación de media LSD.

Selectividad

Ninguno de los herbicidas aplicados causo daño alguno en los diferentes días evaluados, a la dosis de aplicación en este experimento. En el caso de Command® 48 EC sólo presentó blanqueamiento en las hojas, pero este se indica por la casa comercial como transitorio (Duwest 2001).

4. CONCLUSIONES

- El herbicida más eficaz en el cultivo de arroz bajo sistema de riego por goteo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano fue Superice 48 EC (propanil).
- El efecto del herbicida Facet 25 SC fue observado más con mayor eficacia a partir del día 14 después de la aplicación.
- El herbicida con más días control en las malezas presentes en el ensayo de arroz bajo sistema de riego por goteo fue Superice (propanil) con una dosis aplicada de 9 L/ha.
- Ninguno de los herbicidas ocasionaron daño al cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).
- Las malezas más comunes encontradas en las parcelas fueron *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Echinochloa colonum* L., *Amaranthus spinosus* L. y *Portulaca oleracea* L. en el sistema de riego por goteo.

5. RECOMENDACIONES

- Usar Superice 48 SC (propanil) para control de malezas en cultivo de arroz bajo sistema de riego por goteo en posemergencia temprana a la dosis recomendada por la casa comercial (9 L/ha).
- Además de Superice 48 SC, se recomienda el herbicida Arromax 45 EC a la dosis recomendada por la casa comercial (4.5 L/ha) para días control.
- Para efecto de la selectividad al cultivo del arroz, se puede utilizar los herbicidas: Arromax[®] 57 EC (clomazone + propanil), Command[®] 48 EC (clomazone), Facet[®] 25 SC (quinclorac), Nomineé[®] 100 SC (bispiribac-sodio), Poprice[®] 32 EC (pretilachlor) y Superice[®] 48 EC (propanil).
- Realizar un estudio para evaluar los herbicidas preemergentes aplicados en el cultivo de arroz como preemergentes seguido por una aplicación de posemergentes en arroz bajo riego por goteo.

6. LITERATURA CITADA

- BASF. 2005. Facet 25 SC. Chile: [publisher unknown]. 3 p. <https://www.basf.com/documents/cl/agro/etiquetas/facet.pdf>.
- Benavides AV, Jara EI. 2014. Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano [Pregrado]. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana; [accessed 2017 Feb 1]. <http://hdl.handle.net/11036/3445>.
- Degiovanni V, Martínez C, Motta F. 2010. Producción Eco-eficiente del arroz en América Latina. 1st ed. Colombia: [publisher unknown]. 370 vol. ISBN: 9789586941037. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf.
- Duwest. 2001. Etiqueta de herbicida Command 48 EC. Hoja de Seguridad. México. [accessed 2017 Mar 30]. http://www.duwest.com/user_files/uploads/images/Command_48_-_DFU.pdf
- Esqueda V. 2015. Control de malezas en arroz de temporalcon clomazone, solo y en mezcla con propanily 2,4-d; [accessed 2017 Jun 25].
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible: Fertilidad del suelo. 5.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2016. Perspectivas de cosechas y situación alimentaria No. 1 marzo 2016; [accessed 2017 Feb 28]. (IS455S). <http://www.fao.org/3/a-i5455s.pdf>.
- Heap I. 2017. Three Herbicide Site of Action Classification Systems. [place unknown]: The International Survey of Herbicide Resistant Weeds; [accessed 2017 Sep 6]. <http://www.weedscience.org/Summary/SOADescription.aspx>.
- Labrada R. 2003. Weed management for developing countries. Addendum 1. Rome, Great Britain: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO plant production and protection papers, 0259-2517; vol. 120). ISBN: 92-5-105019-8.
- Nufarm. 2012a. FICHA TECNICA COMERCIAL [00]. Colombia: [publisher unknown]. 1 p; [accessed 2017 Jun 8]. <http://adjuvants.com.au/assets/17891/1/FTPROPANILAGROGEN480EC.pdf>.

- Nufarm. 2012b. FICHA TÉCNICA COMERCIAL [00]. Colombia: [publisher unknown]. 1 p; [accessed 2017 Jun 11]. <http://www.nufarm.com/assets/17860/1/FTBISPYRIGEN100SC.pdf>.
- Olmos S. 2006. Morfología y Fases fenológicas de la planta de arroz. 01-03-2007. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. 13 p; [accessed 2017 Feb 24]. <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>.
- Sanchis E. 2014. Emisiones de gases en el cultivo del arroz: Efecto de la gestión de la paja [Post grado]. España: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de caminos, canales y puertos. 76 p; [accessed 2017 Jun 9]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47780/01-Memoria.pdf?sequence=1>.
- Southern Weed Science Society. 1996. Research methods in weed science. 3rd ed. Edited by N. D. camper. Champaign, Illinois, USA. 406 P
- Yadav S, Reyes L. 2016 Dec 8. Why invest in optimizing water use in rice farming? Rice Today-International Rice Research Institute Magazine; [accessed 2017 Feb 27]. <http://ricetoday.irri.org/why-invest-in-optimizing-water-use-in-rice-farming/>.

7. ANEXOS

Anexo 1. Plantilla para conteo de malezas en 0.12 m².

HERBICIDA:	Días después de aplicación:			
	Repetición			
Especies de malezas	1	2	3	4
Gramíneas				
<i>Digitaria sanguinalis</i> L.				
<i>Eleusine indica</i> L.				
<i>Leptochloa filiformis</i> Lam.				
<i>Echinochloa colona</i> L.				
<i>Rottboelia cochinchinensis</i> Lour.				
<i>Chloris</i> spp. Sw.				
Hojas Anchas				
<i>Commelina diffusa</i> Burm.				
<i>Sclerocarpus phyllocephalus</i> Jacq.				
<i>Melampodium divaricatum</i> L.				
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.				
<i>Amaranthus</i> spp. L.				
<i>Bidens pilosa</i> L.				
<i>Nicandra physalodes</i> L. Gaertn				
<i>Richardia scabra</i> L.				
<i>Melanthera nivea</i> L. Small.				
<i>Portulaca oleracea</i> L.				
<i>Desmodium tortuosum</i> Desv.				
<i>Galinsoga urticaefolia</i> Ruiz y Par.				
Ciperáceas				
<i>Cyperus</i> spp. L.				
Total				

Adaptado de: Southern Weed Science Society. 1996. Research methods in weed science. 3rd ed. Edited by N. D. Camper. Champaign, Illinois, USA. 406 P

Anexo 2. Aplicación de los herbicidas en las parcelas experimentales y uso del equipo de protección.



Anexo 3. Descripción de los ingredientes activos de los herbicidas usados en el experimento.

Ingrediente activo	DT50	Formulación Química	Lugar de Absorción	Mecanismo de Acción
Bispibac-sodio	Típico 13 y campo 6.3	$C_{19}H_{17}N_4NaO_8$	Raíces y hoja	Inhibe la síntesis de aminoácidos vegetales - acetohidroxiácido sintasa AHAS
Clomazone	Típico 83 y campo 42.5	$C_{12}H_{14}ClNO_2$	Raíces y brotes	Inhibidor de licopeno (carotenos)
Quinclorac	Típico 450	$C_{10}H_5Cl_2NO_2$	Hojas	Actividad de Auxina. Inhibición de la síntesis de la pared celular.
Pretilachlor	Típico 30	$C_{17}H_{26}ClNO_2$	Hipocotíleo	Inhibición de VLCFA (inhibición de la división celular).
Propanil	Típico 0.4	$C_9H_9Cl_2NO$	Hojas	Inhibición de la fotosíntesis

DT50: Vida media de persistencia en el suelo