

Universidad de Costa Rica
Sede Regional de Guanacaste
Carrera de Agronomía

“Efecto de herbicidas pre-emergentes sobre el combate de malezas y la selectividad al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) variedad CR-1508, bajo diferentes métodos de siembra en Hacienda Mojica, Bagaces, Guanacaste”

Lidey de los Ángeles Ortiz Ulate

Tesis presentada a la Escuela de Agronomía como requisito parcial
para optar por el grado de Licenciada en Agronomía.

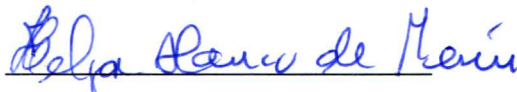
2017

“Efecto de herbicidas pre-emergentes sobre el combate de malezas y la selectividad al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) variedad CR-1508, bajo diferentes métodos de siembra en Hacienda Mojica, Bagaces, Guanacaste”

Tesis presentada a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar por el grado de Licenciada en Agronomía.


M.Sc. Ana María Rodríguez Ruíz

Directora de tesis


Ph. D. Helga Blanco Metzler

Coordinadora de carrera



Dr. Franklin Herrera Murillo

Miembro del tribunal



M.Sc. Hernán Rodríguez Arias

Miembro del tribunal


M.Sc. Juan Gabriel Garbanzo León

Miembro del tribunal



Lidey de los Ángeles Ortiz Ulate

Postulante

Dedicatoria

Dedico este trabajo a la persona que más se lo merece, mi madre por ser amiga, padre, confidente y mamá, por estar siempre a mi lado, por el amor que me da, por corregirme en los momentos que lo necesitaba, a ella que con su esfuerzo y sacrificio logró sacarme adelante y hacer de mí una persona de bien, que con sus palabras de aliento consiguió que no dejará de luchar por mis metas, también a mi hija que ha sido un pilar para continuar, que me acompañó en mi vientre mientras estudiaba y trabajaba y que ha soportado cuando me he alejado de ella unos momentos por estudio o por trabajo para que en un futuro este orgullosa de mi como madre. Así mismo dedico este trabajo a mi abuelo quien hace muchos años partió de esta tierra más no de mi corazón, por haber creído en mí desde que era niña por cuidarme desde donde esté.

Agradecimiento

Primero agradezco a Dios por permitirme alcanzar una meta más y darme fuerzas cuando parecía desmayar, también a mi madre Leidy Ulate Briceño por su apoyo incondicional por ser una madre ejemplar de lucha, a mi hermano Meyfren Picado Ulate por su compañía en este camino, a mi hija Sharon Gómez Ortiz que con su presencia me ayuda a seguir adelante, a María del Socorro Espinoza Carballo por brindarme la mano cada vez que lo necesite, por darme ese calor de madre cuando estaba lejos de mi casa.

También agradezco al M.Sc. Hernán Rodríguez Arias de Hacienda Mojica por permitirme realizar la parte de campo y por brindarme su apoyo en todo lo perteneciente a mi tesis, al Ing. Henry Oconitrillo Morales por su colaboración en lo que respecta a las evaluaciones de campo, al profesor M.Sc. Eithel Vallejos Ruiz quien fue mi director de tesis e impulsor para iniciar este trabajo, a la profesora M.Sc. Ana María Rodríguez por tomar la decisión de ser mi directora de tesis y así poder finalizar este ciclo. Igualmente agradezco al Ing. Edgar Vidal Vega Villalobos por ser un bastión en toda mi carrera, de igual forma doy las gracias a los miembros del tribunal de mi tesis por su acompañamiento en este camino, así mismo a mis amigos y compañeros Ing. Jairo Mora Prendas, Ing. Kenneth Segura Hidalgo, Ing. Aníbal Cruz Coronado por ser siempre personas que me impulsaron a seguir.

Tabla de contenidos

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento.....	III
1. Resumen.....	- 1 -
2. Introducción.....	- 2 -
3. Objetivos.....	- 3 -
3.1. Objetivo General.....	- 3 -
3.2. Objetivos Específicos.....	- 3 -
4. Revisión de Literatura.....	- 4 -
4.1. Importancia del cultivo de arroz en el ámbito socioeconómico mundial y nacional.....	- 4 -
4.2. Malezas presentes en el cultivo de arroz.....	- 4 -
4.3. Métodos químicos para el manejo de malezas en arroz: herbicidas.....	- 5 -
4.4. Herbicidas pre-emergentes.....	- 6 -
4.4.1. Oxadiazon.....	- 7 -
4.4.2. Quinclorac.....	- 7 -
4.4.3. Butachlor.....	- 7 -
4.4.4. Oxifluorfen.....	- 8 -
4.4.5. Clomazone:.....	- 8 -
4.5. Interacción del método de siembra con el uso de herbicida pre-emergente.....	- 8 -
5. Materiales y Métodos.....	- 9 -
5.1. Descripción del sitio.....	- 9 -

5.2. Herbicidas Utilizados	- 10 -
5.3. Diseño experimental.....	- 10 -
6. Procedimiento	- 11 -
6.1. Variables evaluadas	- 12 -
7. Resultados y Discusión	- 14 -
7.1. Fitotoxicidad de los herbicidas sobre plantas de arroz.....	- 14 -
7.2. Control de malezas	- 18 -
7.2.1. <i>Commelina diffusa</i>	- 18 -
7.2.2. <i>Echinochloa colona</i>	- 20 -
7.2.3. <i>Digitaria sanguinalis</i>	- 22 -
7.2.4. Ciperáceas	- 23 -
7.2.5. Especies de hoja ancha	- 25 -
8. Conclusiones y recomendaciones	- 27 -
9. Bibliografía	- 29 -
10. Anexos	- 34 -

Índice de Figuras

- Figura. 1.** Valoración en porcentaje del daño presente en el cultivo del arroz sembrado bajo distintos sistemas de siembra y aplicado con diferentes herbicidas pre-emergentes, Hacienda Mojica, 2015.- 16 -
- Figura. 2.** Porcentaje de daño en el tiempo causado por herbicidas pre-emergentes sobre plantas de arroz, aplicados para el control de malezas en Hacienda Mojica, 2015..... - 17 -
- Figura. 3.** Número de plantas de *C. diffusa*/m² en parcelas de arroz, tratadas con cinco tratamientos de herbicidas pre-emergentes para el control de malezas en Hacienda Mojica, 2015. - 19 -
- Figura. 4.** Número de plantas de *E. colona*/m² en parcelas de arroz, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes para el combate de malezas en Hacienda Mojica, 2015..... - 21 -
- Figura. 5.** Número de plantas de *D. sanguinalis*/m², en parcelas de arroz, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes en Hacienda Mojica, 2015..... - 23 -
- Figura. 6.** Control de tres especies de ciperáceas en parcelas de arroz durante 45 días, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes en Hacienda Mojica, 2015..... - 24 -
- Figura. 7.** Poblaciones de malezas de hoja ancha/m² en parcelas de arroz, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes en Hacienda Mojica, 2015..... - 26 -
- Figura. 8.** Interacción entre métodos de siembra- tratamiento testigo para hoja ancha en parcelas de arroz, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes en Hacienda Mojica, 2015. - 27 -

Índice de cuadros

- Cuadro 1.** Métodos de siembra y tratamientos herbicidas para la evaluación del efecto de herbicidas pre-emergentes sobre el combate de malezas y la selectividad al cultivo de arroz, bajo diferentes métodos de siembra en la Hacienda Mojica, 2015. - 11 -
- Cuadro 2.** Escala HOECOL de evaluación cualitativa para índice de daño causado por herbicidas en plantas (Jirón 2007). - 12 -
- Cuadro 3.** Presencia de plantas de *C. diffusa*/m² bajo diferentes Métodos de Siembra del arroz, en Hacienda Mojica, 2015. - 20 -

Índice de anexos

- Anexo 1.** Análisis de varianza para *Echinochloa colona* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015 - 34 -
- Anexo 2.** Análisis de varianza para *Digitaria sanguinalis* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015 - 35 -
- Anexo 3.** Análisis de varianza para *Commelina diffusa* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015 - 36 -
- Anexo 4.** Análisis de varianza para *Cyperus iria* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015
..... - 37 -
- Anexo 5.** Análisis de varianza para *Cyperus rotundus* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015 - 38 -
- Anexo 6.** Análisis de varianza para *Cyperus esculentus* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015 - 39 -

1. Resumen

Se evaluó el efecto de cinco herbicidas pre-emergentes más un tratamiento testigo sin aplicación en combinación con cinco métodos de siembra (semilla embebida, voleada- expuesta, incorporada, con sembradora y pre-germinada), esto con el objetivo de valorar alternativas viables para el combate de malezas en el cultivo de *arroz (var. CR-1508)*, establecido en Hacienda Mojica, Bagaces, Guanacaste. Los herbicidas que se utilizaron fueron: butachlor, oxifluorfen, quinclorac, oxadiazon y clomazone. Los resultados indicaron que el herbicida butachlor provocó el mayor daño fitotóxico en plantas de arroz; y su efecto fue potencializado cuando se sembró semilla embebida. En contraparte, las parcelas tratadas con la combinación de herbicida oxadiazon y los métodos de siembra con semilla incorporada y con sembradora, manifestaron los menores daños fitotóxicos. Con relación al combate de malezas, los herbicidas butachlor, clomazone y oxifluorfen contribuyeron al mayor control de las especies; además su efecto se incrementó cuando se combinaron con los métodos de siembra de semilla embebida, con sembradora y voleada expuesta.

Palabras clave: Pre-emergentes, arroz, combate, malezas, métodos de siembra.

2. Introducción

El arroz (*Oryza sativa*) es el cereal de mayor consumo en el mundo, es uno de los granos con mayor importancia en la dieta de la humanidad, ya que alimenta a más de la mitad de la población mundial. En América Latina, el aumento de la producción alimentaria no ha conseguido mantener el ritmo de crecimiento de la población porque la mayoría de sus habitantes consumen este cereal (Tinoco y Acuña 2009).

Tanto en el ámbito internacional como en el nacional el arroz es uno de los cultivos de mayor jerarquía. En nuestro país, el consumo per cápita ha experimentado un incremento significativo, al pasar de 46 kg que se consumían a inicios de los años noventa a 53 kg que actualmente se consumen y éste podría aumentar (Tinoco y Acuña 2009).

En la producción de este cultivo, hay que tomar en cuenta un factor asociado al mismo, como es la presencia de malezas. Luna et al. (2012) indicaron, que las malezas son plantas indeseables que crecen dentro del cultivo de interés con la capacidad de reducir el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo. Las mismas pueden provocar una disminución en los rendimientos de producción debido a la competencia que generan con el cultivo por agua, luz, nutrientes y espacio; e igualmente favorecen la presencia de plagas y enfermedades (FAO 2007).

Para lograr combatir los problemas de presencia de malezas existen métodos culturales, biológicos, físicos como la corta de malezas de forma manual o con equipo mecánico, así como métodos químicos el cual se refiere al uso de herbicidas, entre ellos algunos actúan como pre-emergentes que por lo general, se aplican antes de que emerja la maleza y el cultivo. Estos herbicidas requieren de algunas condiciones como un riego o precipitación para situarse en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, donde comúnmente germina la mayoría de las semillas de maleza. Asimismo, eliminan las malezas en germinación o recién emergidas, lo que evita la competencia temprana con el cultivo (Anderson 1996).

La presente investigación proporcionará conocimiento e información científica de importancia práctica en el sector arrocero, especialmente sobre el efecto de los herbicidas pre-emergentes en el combate de malezas en este cultivo, así como sobre la posible fitotoxicidad de éstos al cultivo de arroz bajo diferentes métodos de siembra.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de cinco herbicidas pre-emergentes sobre el combate de malezas y la fitotoxicidad al cultivo de arroz, variedad CR-1508, bajo diferentes métodos de siembra.

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto que el método de siembra ejerza sobre la fitotoxicidad al cultivo de arroz de cinco herbicidas pre-emergentes.
- Determinar el combate de malezas por especie que puede ejercer la aplicación de cinco tratamientos herbicidas pre-emergentes en diferentes métodos de siembra de arroz.
- Seleccionar la mejor combinación del herbicida pre-emergente con el método de siembra de arroz según la escala HOECOL.

4. Revisión de Literatura

4.1. Importancia del cultivo de arroz en el ámbito socioeconómico mundial y nacional.

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2006), entre los principales productores de arroz en el mundo se mencionan: China, India, Filipinas, Vietnam, Madagascar y Japón. Es relevante mencionar que desde 1965 al 2004 la producción mundial creció un 25% y se considera que el mayor rendimiento es aportado por las variedades híbridas, al llegar a más de 20% del rendimiento de las demás variedades.

En el ámbito nacional la producción del periodo 2013-2014 fue de 239 699 toneladas métricas de granza seca y limpia, lo cual arrojó un 18,94% más que la producción del periodo anterior, dicho incremento se explica primordialmente por un aumento de área especialmente en las regiones Chorotega y Huetar Norte, además de un incremento en el rendimiento de algunas fincas (CONARROZ 2014).

4.2. Malezas presentes en el cultivo de arroz

La presencia de la maleza en los cultivos ocasiona perjuicios en el rendimiento y calidad de los productos cosechados, así como un aumento en los costos de producción (Dieleman y Mortensen 1997). Así mismo Smith: (1988), reportó que una competencia temprana de arroz rojo relativamente bajas (10 - 20 plantas/m²) puede causar pérdidas en la producción de arroz del 50%. Además, se ha estimado que en Latinoamérica solo 24 plantas/m² logran ocasionar pérdidas de rendimiento del 75% (Fisher y Ramírez 1993).

Según Bakar y Ahmed (2003), citados por Hernández (2011), entre las principales malezas que afectan el rendimiento del cultivo de arroz, sobre todo en

condiciones de secano se encuentran *Rottboellia cochinchinensis* e *Ischaemun rugosum* ambas especies de ciclo anual, con un crecimiento rápido y con tallos que llegan a medir entre 1-3 metros de altura, y en especial *I. rugosum* muestra una gran cantidad de macollas (Holm et al. 1977).

Mientras que, para condiciones de arroz inundado una de las malezas de mayor importancia es *Echinochloa colona* la cual se adapta mejor a condiciones de excesos de humedad (Bhagat, Bhuiyan y Moody 1996). Otra maleza de gran importancia en este cultivo es el arroz rojo, el cual según Diarra, Smith y Talbert (1985), causa pérdidas de rendimiento aún a densidades de cinco plantas de esta maleza por m².

Las malezas pueden ser controladas o manejadas con diferentes formas: mecánica, cultural, biológica o química o con combinaciones de diferentes prácticas. Es importante conocer que el manejo de malezas puede integrar prácticas tanto para el control de ellas como para prevenir la producción de nuevos propágulos (Bàrberi 2004). Cuando se combinan diferentes prácticas de manejo en lugar de una sola por ejemplo, control químico y mecánico se puede obtener un cultivo básicamente sin malezas (Anderson 1996).

4.3. Métodos químicos para el manejo de malezas en arroz: herbicidas

Se conoce como herbicida a un producto químico que inhibe o interrumpe el crecimiento y desarrollo de una planta, usados ampliamente en el sector de la agricultura, industria y en zonas urbanas, pero deben ser utilizados adecuadamente para que proporcionen un control eficiente de malezas (Peterson et al. 2001).

En la agricultura, los herbicidas han sido una herramienta importante para el manejo de malezas por muchos años. Desde la década de los cuarentas estos productos se han sofisticado cada vez más en el espectro de malezas que

controla, duración del período de control y la selectividad a los cultivos (Baumann, Ditroy y Postko 1998).

Los herbicidas presentan formas diversas de clasificación, una manera de clasificarlos es según su selectividad, de acuerdo a ésta los herbicidas pueden ser clasificados como:

A. Selectivos: herbicidas que a ciertas dosis, formas y épocas de aplicación eliminan algunas plantas sin dañar significativamente a otras, por ejemplo, atrazina es un herbicida selectivo en maíz y sorgo (Macías 2012).

B. No selectivos: son aquellos herbicidas que ejercen su toxicidad sobre toda clase de vegetación y deben utilizarse en terrenos sin cultivo o bien evitando el contacto con las plantas cultivadas. El glifosato es un ejemplo de herbicida no selectivo (Caseley 1996).

Otra forma de clasificarlos es de acuerdo a la época de aplicación, con relación a esto los herbicidas se clasifican en pre-emergentes (antes de la emergencia del cultivo y/o la maleza) y pos-emergentes (con la maleza presente) (Anderson 1996).

4.4. Herbicidas pre-emergentes

En arroz específicamente, consiste en la aplicación de herbicidas después de que el cultivo se siembra y se da riego a la semilla, pero antes de que el mismo y las malezas emerjan (Cuevas 2004). Algunos herbicidas pre-emergentes controlan malezas hasta que éstas tienen un máximo 2 hojas verdaderas. Sin embargo, la efectividad de éstos se puede ver afectada, debido a que está condicionada al contenido de humedad y la preparación del suelo. A este grupo pertenecen herbicidas como oxadiazon, butachlor, oxifluorfen, pendimentalina, bentiocarbo, oxadiargil, entre otros (Esqueda 2000).

4.4.1. Oxadiazon

Este herbicida es usado principalmente para el combate de *E. colona*, y *R. cochinchinensis* entre otras poáceas, su sitio de acción es sobre la enzima protoporfirinógeno oxidasa (PPO) por lo que el herbicida actúa inhibiendo la síntesis de clorofila, resultando en una muerte del tejido de la planta por la exposición a la luz (Díez 2013). Así mismo, debe distribuirse uniformemente en el suelo para una acción eficiente, requiriéndose una buena preparación del suelo, sin terrones, al momento de la aplicación sobre todo en siembra directa (Agüero y Soto 2006).

4.4.2. Quinclorac

Según Osuna et al. (2000), este herbicida es muy selectivo al arroz y los síntomas de toxicidad que puede causar al cultivo logran desaparecer en un lapso de tiempo corto.

El quinclorac se aplica en pre-emergencia y pos-emergencia, en poáceas especialmente para el combate de *E. colona*, una de las principales malezas presentes en arrozales inundados. Actúa por medio de una enzima que afecta la vía de biosíntesis de la celulosa de algunos zacates. Además, también funciona en el combate de algunas hojas anchas (Agüero y Soto 2006).

Explica Olmos (2006), que el quinclorac es un herbicida sistémico, el cual no es fitotóxico al arroz, su absorción es mayormente por las raíces (70%) y una menor parte por las hojas (30%).

4.4.3. Butachlor

Es un herbicida pre-emergente inhibidor de la división celular, selectivo al cultivo de arroz. Es capaz de controlar poáceas, ciperáceas, y algunas hojas

anchas; causando deformidades morfológicas e inhibiendo el crecimiento de las mismas. (Clavijo 2010).

4.4.4. Oxifluorfen

Este herbicida pertenece al grupo de los difenileters los cuales actúan por contacto y al igual que el oxadiazon inhiben la enzima protoporfirinógeno oxidasa (PPO), que como se indicó anteriormente forma parte de la biosíntesis de la clorofila, es por esto que se nota una clorosis seguida de una necrosis en hojas y tallos de las plantas que son afectadas por el oxifluorfen (Agüero y Soto 2006).

Este producto tiene acción tanto foliar como en el suelo, controlando especialmente malas hierbas de hoja ancha; la eliminación de las mismas puede tardar de dos a tres días (Kunert, Sandmann, Boger 1987).

4.4.5. Clomazone:

Es un producto sistémico absorbido principalmente por las raíces de las malezas en las que inhibe la formación de la clorofila y de los pigmentos carotenoides al actuar en varias enzimas de la ruta del ácido mevalónico que conduce a dicha biosíntesis (Laborde y Santos 2013).

4.5. Interacción del método de siembra con el uso de herbicida pre-emergente

Según trabajo realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP) (1996) en sistemas de siembra de arroz en seco para el combate de especies de hoja ancha se destaca una mezcla de pendimetalina + dimetametrina, en tanto que, para especies de hoja angosta, el

tratamiento antes mencionado no muestra un control de las mismas. En este mismo trabajo se observó, que a los 50 días después de la aplicación de la mezcla de pendimetalina + bentiocarbe se estableció un mejor control de especies de hoja ancha y el método de siembra al voleo fue el mejor tratamiento de siembra.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (2000), sugirió que para el combate de malezas en los sistema de siembra por trasplante y siembra directa, se aplique oxadiazón 3-5 días después de realizado el trasplante o después del riego de germinación en siembra directa ya que este herbicida es selectivo al arroz y solo causa toxicidad leve que desaparece en pocos días.

Por otra parte, la efectividad de un herbicida pre-emergente dependerá de la persistencia de éste en el suelo y dicha persistencia estará sujeta a diferentes factores entre los que se encuentran: descomposición microbiana, descomposición química, la adsorción a las partículas del suelo, el contenido de materia orgánica, la lixiviación que dependerá de la textura de dicho suelo, la volatilización y la fotodescomposición (Pitty y Núñez 1979).

5. Materiales y Métodos

5.1. Descripción del sitio

La investigación se realizó en el segundo semestre del año 2015 en la Hacienda Mojica, ubicada en el cantón de Bagaces, distrito de la provincia de Guanacaste, con latitud: 10.4079 y longitud: -85.1974. La misma se encuentra a 80 msnm, con una precipitación que oscila entre 1500 a 2500 ml.año⁻¹ y una temperatura promedio anual de 29°C; su actividad económica principal es el cultivo de arroz (Vargas y Navarro 2014).

5.2. Herbicidas Utilizados

Se evaluaron los herbicidas pre-emergentes butachlor, oxifluorfen, oxadiazon, clomazone y quinclorac. Cada herbicida se valoró con relación al control de malezas y la fitotoxicidad al cultivo de arroz, variedad CR-1508 bajo diferentes condiciones de siembra, todos bajo el sistema de secano favorecido; es decir; cuando no había agua por lluvias se le sometía un riego por gravedad.

Para la aplicación de estos tratamientos se utilizaron las siguientes dosis de ingrediente activo: oxadiazon 285 g.ha⁻¹ de i.a, quinclorac 400 g.ha⁻¹ de i.a, butachlor 2400 g.ha⁻¹ de i.a, oxifluorfen 240 g.ha⁻¹ de i.a, clomazone 600 g.ha⁻¹ de i.a, las aspersiones se realizaron con un equipo de presión constante accionado por CO₂, y calibrado para una descarga de unos 200 L.ha⁻¹. (Vallejos, 2015 com. pers.).

5.3. Diseño experimental

Se usó un diseño bloques al azar de parcelas divididas, compuesta por 5 métodos de siembra y 5 tratamientos herbicidas y 4 repeticiones, donde la parcela grande estuvo constituida por la condición de siembra y la parcela pequeña definida por la aplicación de herbicidas. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 21 m² (3,5 m de ancho y 7 m de largo), el espaciamiento entre las unidades experimentales fue de 1 metro entre tratamientos y 2 metros entre repeticiones.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron pruebas primarias como el análisis de varianza, el separador de medidas LSD Fisher del programa estadístico InfoStat con un nivel de significancia de 0,01 y 0,05 y el programa ADA (Análisis de Datos para la Agricultura) 2015, utilizando la misma significancia. Así mismo los datos en análisis para el combate de malezas en primer lugar fueron

transformados por la fórmula de $\sqrt{x + 0,5}$ para el posterior análisis como parcelas divididas y se les realizó un análisis de grupo de las cuatro evaluaciones realizadas.

Además, se tuvo en cada parcela un testigo sin aplicación de herbicida con el fin de observar cómo se comportaría cada método de siembra sin la aplicación del herbicida y también las malezas que podían surgir.

A continuación, se muestra en el Cuadro 1 una descripción de los tratamientos con los métodos de siembra y sus respectivas siglas.

Cuadro 1. Métodos de siembra y tratamientos herbicidas para la evaluación del efecto de herbicidas pre-emergentes sobre el combate de malezas y la selectividad al cultivo de arroz, bajo diferentes métodos de siembra en la Hacienda Mojica, 2015.

Descripción	Siglas
Métodos de siembra	
Semilla con sembradora	S1
Semilla seca voleada e incorporada	S2
Semilla pre-germinada voleada	S3
Semilla seca voleada expuesta	S4
Semilla embebida voleada	S5
Tratamientos Herbicida	
Butachlor	T1
Quinclorac	T2
Oxadiazon	T3
Clomazone	T4
Oxifluorfen	T5
Testigo	T6

6. Procedimiento

La preparación del terreno consistió en un pase de rastra profunda y dos pases de rastra superficial lo que dio condiciones adecuadas para la siembra.

Seguidamente se procedió a la siembra de la semilla según los diferentes métodos de siembra que se definieron de la siguiente manera: 1) semilla

sembrada con sembradora, 2) semilla seca voleada e incorporada 3) semilla pre-germinada (estas semillas pasaron 30 horas en imbibición y 2 días en oscuridad), 4) semilla voleada expuesta, 5) semilla embebida (éstas semillas pasaron un día en agua). Tanto la semilla embebida como la semilla pre-germinada se volearon para su siembra.

Todos los métodos de siembra se programaron para realizarlos el mismo día. Además, se realizaron mojes de agua al inicio para la siembra de la semilla. Posteriormente se realizó la aplicación de cada herbicida sobre las parcelas con los distintos métodos de siembra, todo esto en el mismo día de la siembra. Se adicionó una lámina de agua a los 22 días.

6.1. Variables evaluadas

- La fitotoxicidad evaluada al cultivo: se realizó a los 8, 15 y 30 días después de la aplicación (dda), mediante los síntomas expresados en las plantas de arroz para lo cual se usó la escala de HOECOL (Jirón 2007) (Cuadro 2). Se usó un marco de 0,50 m x 0,50 m de lado, se realizaron 4 muestreos por cada tratamiento y repetición; la primera vez se lanzó al azar dentro de cada parcela y luego se marcó el punto de muestreo para tener el mismo punto en las siguientes evaluaciones.

Cuadro 2. Escala HOECOL de evaluación cualitativa para índice de daño causado por herbicidas en plantas (Jirón 2007).

Escala en %	Descripción en los principales detalles	Categoría promedio
0	Ausencia total de daño en relación con el testigo no aplicado y sin competencia de malezas	Sin daño
10	Leve decoloración y/o leves mal formaciones en cualquier de los órganos de la planta y/o	Leve

	recuperación rápida	
20	Moderada decoloración y/o leves mal formaciones en varios órganos de la planta, y/o recuperación rápida.	Leve
30	Severa decoloración con leve a moderada muerte de tejidos (necrosis) y/o regular presencia e mal formaciones con leve a moderada muerte de tejidos(necrosis) y/o recuperación lenta	Leve
40	Leve disminución en el número de plantas con o sin severa decoloración en diferentes estados con muerte de tegidos (necrosis) y/o presencia de mal deformaciones en diferentes estados con muerte de tejidos (necrosis). Es difícil predecir si hay o no reducción en la producción	Moderado
50	Moderada disminución en el número de planta y severa muerte de tejidos (necrosis) acompañada de decoloración y/o mal formaciones de diferentes estados. Se puede prever alguna reducción en la producción.	Mediana
60	Regular disminución en el número de planta y/o síntomas que disminuirán moderadamente la producción.	Severo
70	Severa disminución en el número de plantas: las plantas existentes presentan síntomas que permiten alguna recuperación y producción	Severo
80	Alta disminución de la población, las pocas plantas presentes con síntomas que causaran muy baja producción.	Severo
90	Altísima disminución de la población, alguna presente con síntomas que no permiten	Muy grave

producción.

100

Completa ausencia de plantas.

Muerte total

- El control de malezas por especie: estas evaluaciones se realizaron a los 8, 15, 30 y 45 (dda), para lo cual se efectuó un recuento de las plantas de cada especie contenidas en un marco de 0,50 m x 0,50 m ubicado al azar dentro de cada unidad experimental, se hicieron 4 muestreos por tratamiento y repetición, muestreando las malezas en el mismo punto desde la primera evaluación.

7. Resultados y Discusión

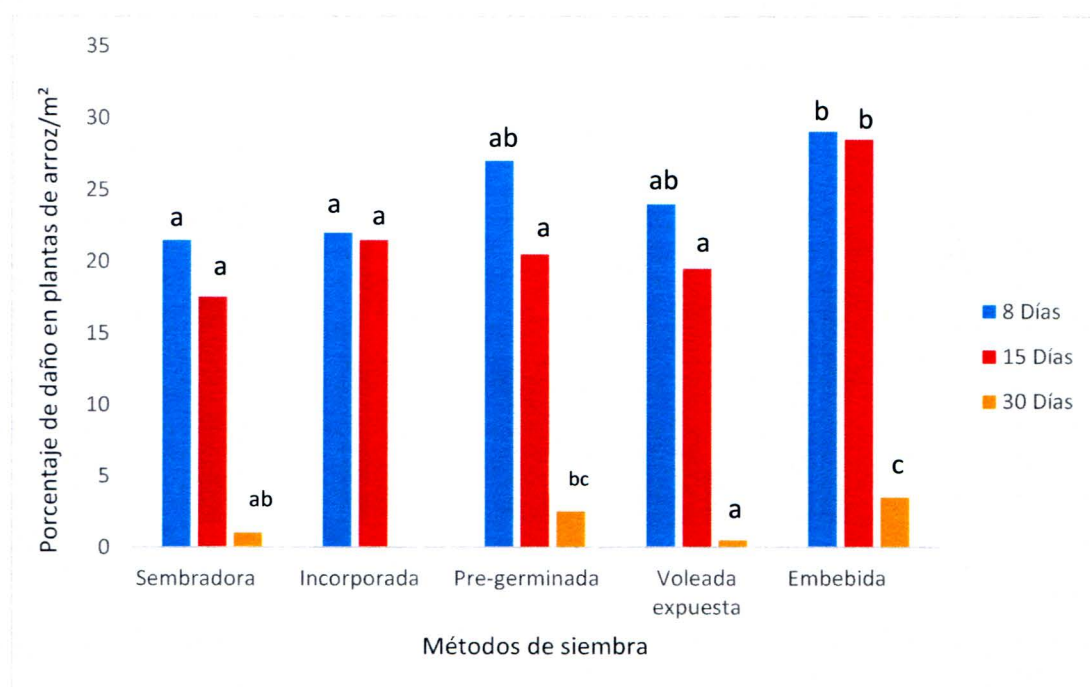
7.1. Fitotoxicidad de los herbicidas sobre plantas de arroz

Con relación al efecto de los diferentes sistemas de siembra los daños obtenidos estuvieron por debajo de 30% que según la escala de evaluación se catalogan como leves. Se observó en la primera evaluación que el tratamiento de semilla embebida (S5) se provocó la mayor fitotoxicidad y que además difirió significativamente de los métodos de semilla incorporada (S2) y con sembradora (S1), estos dos últimos mostraron menor fitotoxicidad. Los dos sistemas restantes, semilla pre-germinada voleada y seca voleada expuesta (S3, S4) respectivamente no presentaron diferencias significativas con ninguno de los otros sistemas indicados anteriormente (Figura 1).

En la segunda evaluación, el método de semilla embebida es la técnica donde se presentó la mayor toxicidad para el cultivo ya que el método de siembra no causa daño por sí solo. Además, fue el único tratamiento que difirió estadísticamente de los demás, los cuales no mostraron diferencias entre sí, pero sí una reducción considerable de la fitotoxicidad después de la primera evaluación.

Es posible que el menor daño en estos tratamientos se deba a una recuperación de las plantas en los días posteriores a la primera evaluación.

Para la tercera evaluación los efectos fitotóxicos casi desaparecieron del cultivo en todos los métodos de siembra. No obstante, aunque el daño fue bajo, la técnica de semilla embebida mostró el principal daño, presentando diferencias principalmente con el sistema de siembra con sembradora y la semilla voleada expuesta.

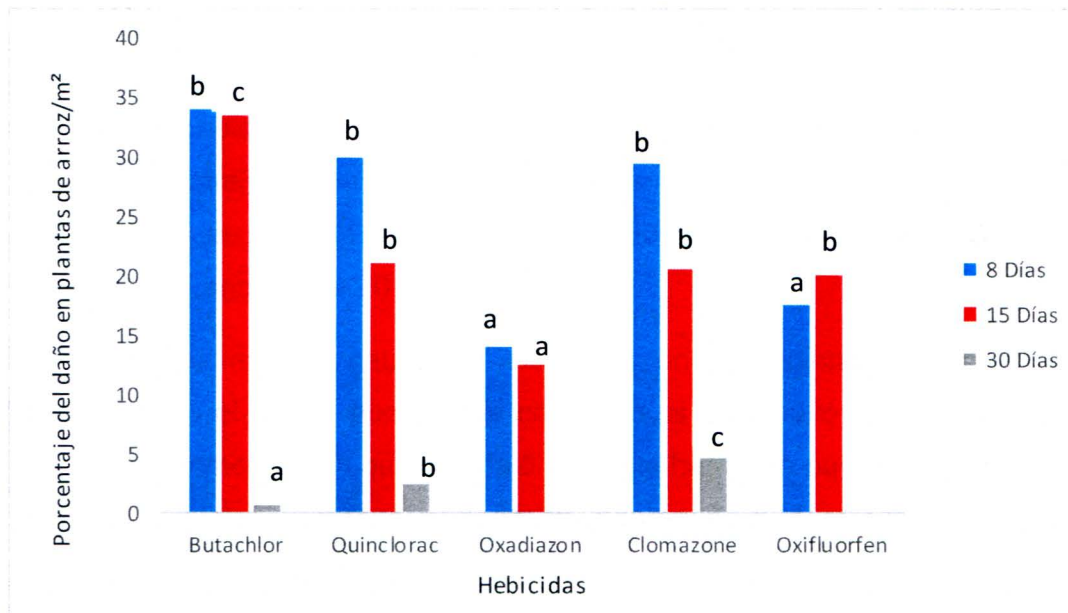


Letras distintas para cada evaluación indican diferencias significativas según la prueba de LSD Fisher ($p > 0,05$)

Figura. 1. Valoración en porcentaje del daño presente en el cultivo del arroz sembrado bajo distintos sistemas de siembra y aplicado con diferentes herbicidas pre-emergentes, Hacienda Mojica, 2015.

La Figura 2, muestra el porcentaje de daño provocado por cada herbicida pre-emergente sobre las plantas de arroz a los 8, 15 y 30 días posteriores a su aplicación (dda), donde estos daños observados se clasifican como leves al presentarse por debajo del 30%, solo el butachlor en la primera semana de evaluación supera este valor ligeramente.

Los mayores daños fitotóxicos se contabilizaron en las parcelas tratadas con butachlor (T_1), este herbicida causó un daño que persistió hasta la segunda evaluación y para la tercera disminuyó considerablemente. Por otra parte, los herbicidas oxadiazon (T_3) y oxifluorfen (T_5), fueron los que provocaron los menores daños en el arroz.



Medias con una letra común para cada evaluación, no son significativamente diferentes según la prueba LSD Fisher ($p > 0,05$).

Figura. 2. Porcentaje de daño en el tiempo causado por herbicidas pre-emergentes sobre plantas de arroz, aplicados para el control de malezas en Hacienda Mojica, 2015.

Con respecto a los demás herbicidas clomazone (T_4) y quinclorac (T_2), estos provocaron un efecto mayor durante los primeros 8 días posteriores a la aplicación el cual disminuyó paulatinamente para las restantes evaluaciones.

En el caso del butachlor, las plantas afectadas presentaron un enrollamiento en las hojas, daño que fue irreversible, cabe indicar que dichas plantas fueron principalmente las del tratamiento con uso de semilla embebida (S_5), dichas semillas probablemente al estar embebidas y tener mayor grado de humedad, estuvieron más expuestas al herbicida, lo que permitió que las primeras hojas manifestaran más rápidamente la toxicidad del producto. Los síntomas señalados anteriormente también fueron indicados por Agüero y Soto (2006), quienes afirmaron que las poáceas que controla el butachlor muestran enrollamiento y acucharamiento además arrugas en las hojas nuevas.

Asimismo causó una muerte de semillas de arroz considerable en el sistema de semilla embebida, esto pudo verse ocasionado debido a que el butachlor es absorbido entre la unión nodal de los cotiledones y el primer nudo del epicotilo de las plántulas en proceso de germinación, inhibiendo el crecimiento del hipocotilo y la radícula (Landaverde 2012).

El clomazone causó un albinismo en las plantas de arroz, pero no comprometió el cultivo puesto que con los días disminuyó el daño, como bien lo apunta Modernel (2010) quien señaló que este herbicida puede ocasionar una leve clorosis al cultivo de arroz, que logra desaparecer sin afectar el rendimiento en el grano.

La interacción sistemas de siembra por herbicidas no fue significativa, lo que indica que estos herbicidas pre-emergentes en particular mantienen un efecto similar sobre el arroz sin importar tanto el sistema de siembra.

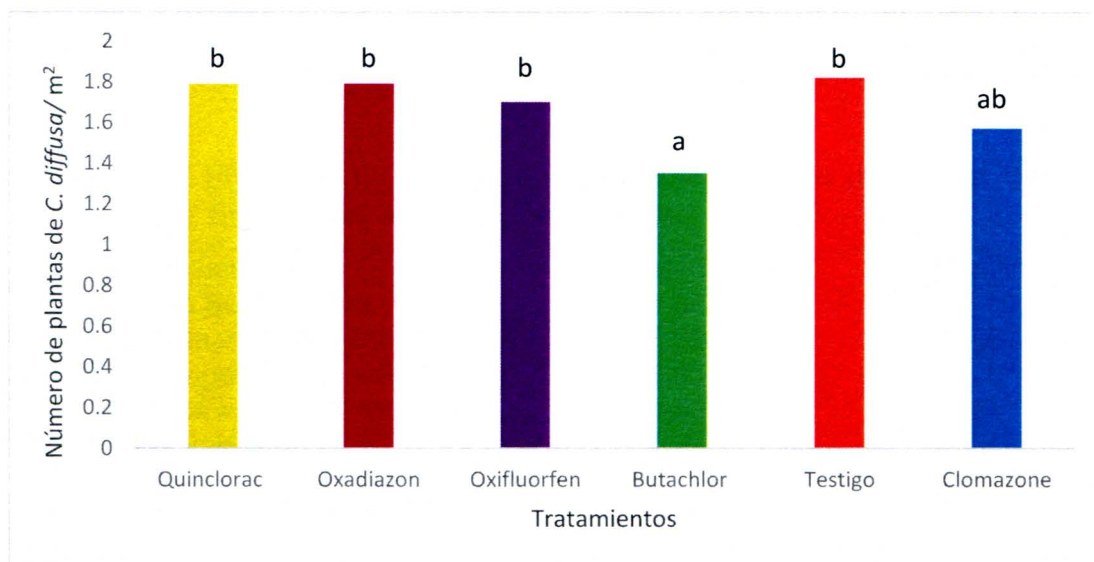
7.2. Control de malezas

7.2.1. *Commelina diffusa*

En la Figura 3, se observa el número de plantas/m² de *C. diffusa* a través de las cuatro evaluaciones realizadas (8, 15, 30 y 45 dda). Se aprecia claramente que el tratamiento a base de butachlor fue el que presentó la menor cantidad de esta especie y difiere significativamente de todos los demás tratamientos excepto con clomazone.

Es importante señalar que los herbicidas que presentaron la menor población de *C. diffusa* son butachlor y clomazone, con un 20% menos que el testigo absoluto. Estas diferencias de control principalmente del butachlor con la mayoría de los otros tratamientos pueden estar relacionadas principalmente con el hecho de que este producto además de absorberse por los brotes en emergencia puede hacerlo vía radical y traslocarse dentro de las plántulas y llegar por tanto a

más partes dentro de ellas, en tanto que por ejemplo el oxadiazon, se absorbe únicamente por los brotes al emerger, pero no por raíces con una acción más de contacto (WSSA 2002). Otros autores como Kumar, Haque y Kalpana (2015) encontraron un buen control de *C. bengalensis* en cebolla con la aplicación en preemergencia de butachlor en mezcla con bispiribac-sodio, este último aplicado en postemergencia.



Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba DMS protegida de Fisher.

Los datos fueron transformados mediante la $\sqrt{x + 0,5}$

Figura. 3. Número de plantas de *C. diffusa*/m² en parcelas de arroz, tratadas con cinco tratamientos de herbicidas pre-emergentes para el control de malezas en Hacienda Mojica, 2015.

Con respecto a los sistemas de siembra (Cuadro 3), los tratamientos con el uso de semilla pre-germinada voleada, incorporada y con sembradora; no mostraron diferencias significativas entre sí. Pero todos éstos, difieren de cuando se utilizó semilla voleada expuesta y semilla embebida; sistemas que presentaron la menor presencia de *C. diffusa* en toda la investigación. Se sabe que *C. diffusa*

es una especie que se reproduce tanto por semilla como en forma vegetativa enraizando en los nudos (Holm et al. 1977), también los tallos o esquejes de las especies de *Commelina* tienen mucha reserva de humedad y pueden sobrevivir bajo condiciones de poca humedad por algún tiempo (Wilson 1981, citado por Issac y Brathwaite 2007; Holm et al. 1977), es posible que prácticas como el uso de sembradora o la incorporación de la semilla ayudara a la diseminación y multiplicación del material vegetativo en esas parcelas donde se usaron esos sistemas de siembra.

Cuadro 3. Presencia de plantas de *C. diffusa* /m² bajo diferentes Métodos de Siembra del arroz, en Hacienda Mojica, 2015.

Método de siembra	Medias	Significancia
Semilla con Sembradora	1,97	b
Semilla seca voleada - incorporada	1,82	b
Semilla pre-germinada voleada	1,81	b
Semilla seca voleada expuesta	1,53	ab
Embebida voleada	1,22	a

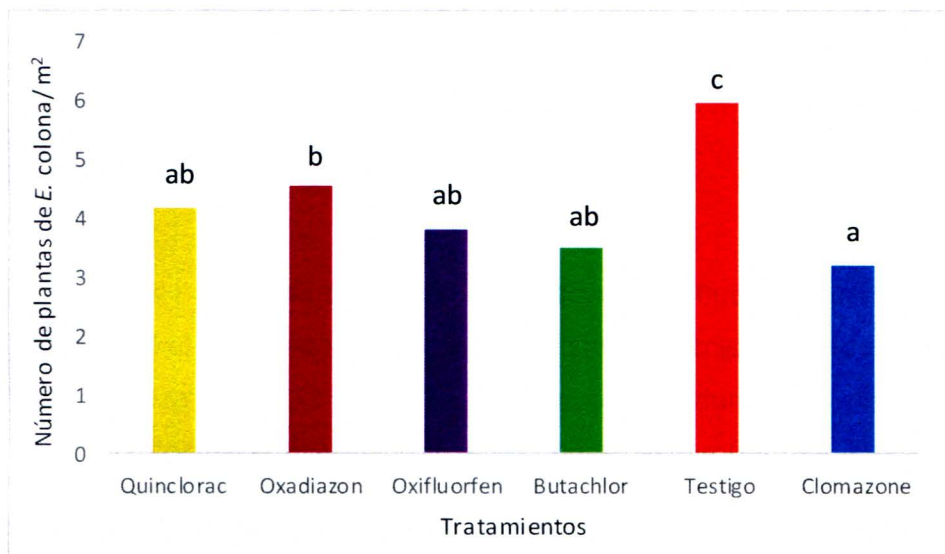
Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba DMS protegida de Fisher

Los datos fueron transformados mediante $\sqrt{x + 0,5}$

7.2.2. *Echinochloa colona*

Con relación al control de *E. colona*, se aprecian en la Figura 4 diferencias de todos los tratamientos químicos con respecto al testigo, todos en mayor o menor medida afectaron la presencia de esta especie. Durante el período de evaluación, de los 8 a los 45 dda, los tratamientos químicos presentaron un 35,5 % menos de *E. colona* que el testigo absoluto. Los herbicidas con menor población fueron quinclorac, oxifluorfen, butachlor y clomazone, mientras que oxadiazon fue intermedio. Estos resultados mostraron que la utilización de cualquiera de estos pre-emergentes contribuye a disminuir la presencia de esta

maleza; de acuerdo con Valverde, Chaves y Ramírez (1998) todos estos herbicidas son eficientes en el combate de *E. colona*.



Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba DMS protegida de Fisher.

Los datos fueron transformados mediante $\sqrt{x + 0,5}$.

Figura. 4. Número de plantas de *E. colona*/m² en parcelas de arroz, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes para el combate de malezas en Hacienda Mojica, 2015.

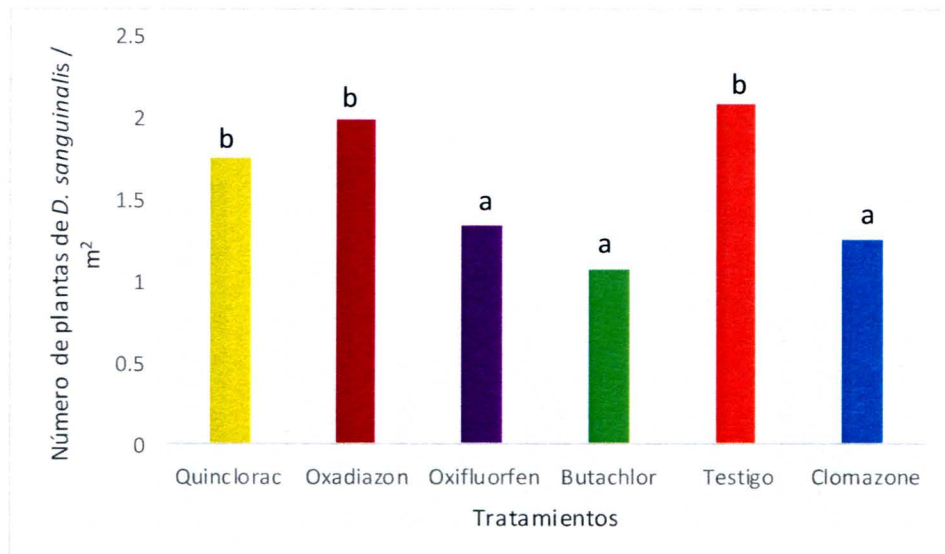
En el caso del clomazone, es un herbicida que presenta una mejor acción cuando se aplica en pre-emergencia debido a que tiene una residualidad de entre 25-30 días después de la aplicación, actuando sobre precursores de los pigmentos β -carotenos en el cloroplasto (Chebataroff 2012).

Con relación al efecto de los diferentes métodos de siembra sobre la presencia de *E. colona*, ninguno de los sistemas de siembra mostraron diferencias significativas entre sí. Tampoco se presentaron interacciones entre los sistemas de siembra y los tratamientos de control de esta maleza.

7.2.3. *Digitaria sanguinalis*.

Los herbicidas butachlor, clomazone y oxifluorfen, fueron los más efectivos en el control de *D. sanguinalis* ya que estos tratamientos redujeron la población de esta maleza en un 41% con respecto al testigo durante el periodo de evaluación; los restantes tratamientos no difieren con el testigo (Figura. 7).

Clomazone es un herbicida que actúa en preemergencia (como ya se había indicado), además que soluciona un problema serio en arroz al proveer un control residual de zacates (Osuna 1999), en tanto que el butachlor y el oxifluorfen se recomiendan tanto en el control de poáceas como malezas de hoja ancha (WSSA 2002).



Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba DMS protegida de Fisher.

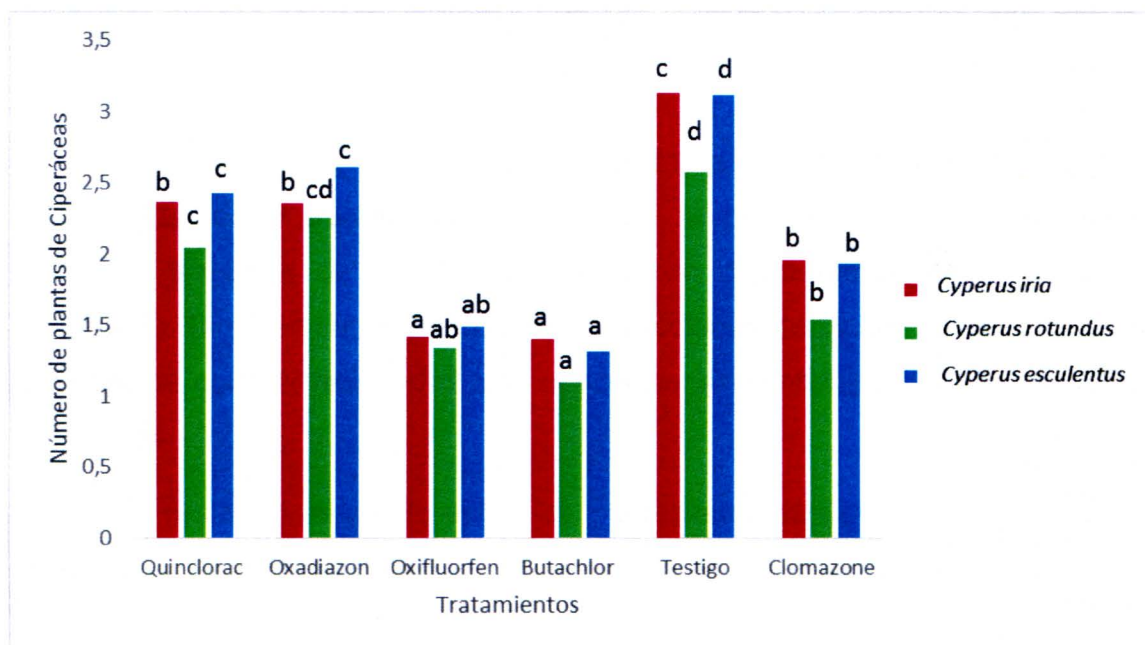
Los datos fueron transformados mediante $\sqrt{x} + 0,5$

Figura. 5. Número de plantas de *D. sanguinalis*/m², en parcelas de arroz, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes en Hacienda Mojica, 2015.

Concerniente a los métodos de siembra, o a la interacción entre estos y los tratamientos de manejo de malezas utilizados, no se observó que en ninguno de los casos alguno se afectaran las poblaciones de *D. sanguinalis*.

7.2.4. Ciperáceas

La Figura 6, muestra el comportamiento de tres especies de ciperáceas sometidas a la influencia de cinco herbicidas pre-emergentes. Se puede observar que la menor emergencia de ciperáceas se obtuvo con los tratamientos butachlor y oxifluorfen, seguidos por el clomazone. Con los dos primeros tratamientos indicados las disminuciones en las poblaciones de *Cyperus iria*, *Cyperus rotundus* y *Cyperus esculentus* con respecto al testigo fueron de 55, 52 y 55% respectivamente. Los otros tratamientos presentaron un menor control o controles intermedios.



Letras distintas para cada una de las especies indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba DMS protegida de Fisher.

Los datos fueron transformados mediante $\sqrt{x + 0,5}$

Figura. 6. Control de tres especies de ciperáceas en parcelas de arroz durante 45 días, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes en Hacienda Mojica, 2015.

En el caso de *C. rotundus*, los resultados presentan valores similares a los de *C. iria*. No obstante, los tratamientos quinclorac y oxadiazon muestran menor efectividad en el control de esta maleza. Con respecto al *C. esculentus*, los tratamientos que dieron un mejor control fueron el butachlor, el clomazone y el oxifluorfen sin presentar diferencias entre ellos.

En general, con estos resultados podría inferirse que principalmente butachlor, clomazone y el oxifluorfen permiten disminuir las poblaciones de las ciperáceas aquí evaluadas.

Para el caso del butachlor, se confirma lo indicado por Delgado (2011), quien sugiere aplicar este producto para el combate de poáceas, ciperáceas y algunas hojas anchas en pre-siembra y pre-emergencia. También, Agasimani,

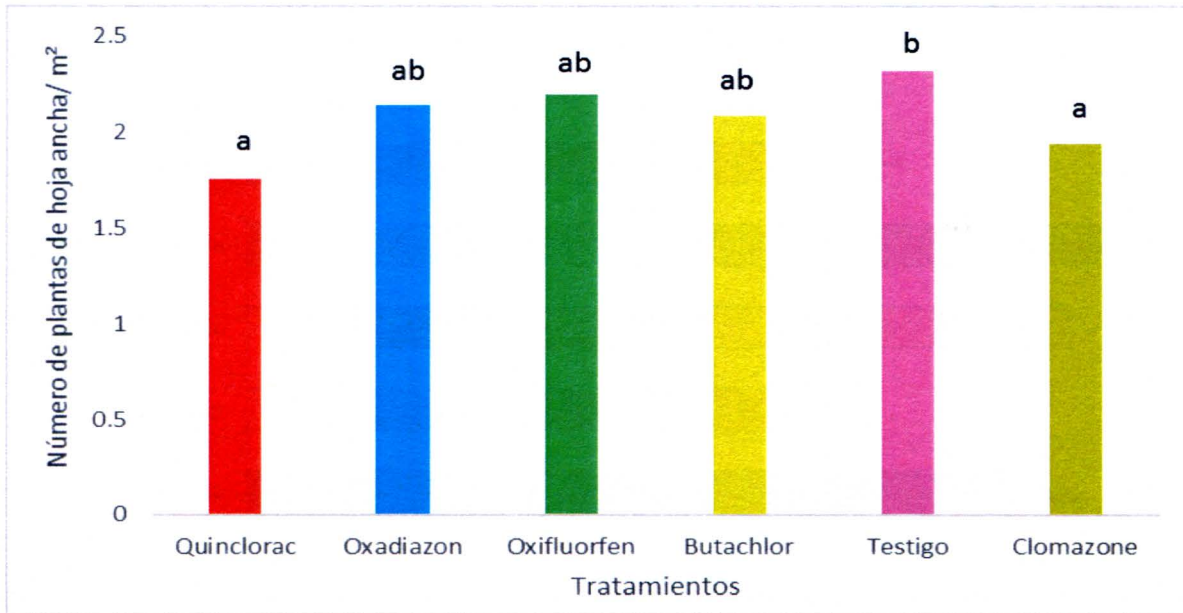
Channappagoudar y Raikar (2008) indicaron un buen control de algunas malezas en arroz con butachlor, entre estas a *C. iria*

Con relación a los métodos de siembra no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, razón por la cual se puede afirmar que los diferentes sistemas de siembra no influyeron directamente en el combate de ciperáceas. También se analizaron las interacciones herbicida- método de siembra con el fin de obtener resultados más concretos, sin embargo, tampoco encontraron diferencias.

En resumen, el efecto sobre las poblaciones de ciperáceas observadas en este trabajo se pueden deber únicamente a la acción del control químico sin tener influencia de la modalidad de siembra.

7.2.5. Especies de hoja ancha

Se observaron diferentes especies de malezas de hoja ancha, las cuales aparecieron a la vez en una forma poco uniforme, por lo que se decidió analizar el comportamiento de las tres malezas de este grupo (*Aeschynomene* sp, *Caperonia palustris* y *Eclipta alba*), que se observaron en mayor cantidad y en forma más continua. En general no se presentaron diferencias de control entre los tratamientos químicos. Sin embargo, quinclorac y clomazone redujeron las poblaciones de estas especies en un 20% con respecto al testigo (Figura 7). Los otros tratamientos fueron similares al testigo. Según indica la literatura y como se mencionó anteriormente, estos productos sirven para el manejo de malezas de hoja ancha (Agüero y Soto 1992; WSSA 2002).



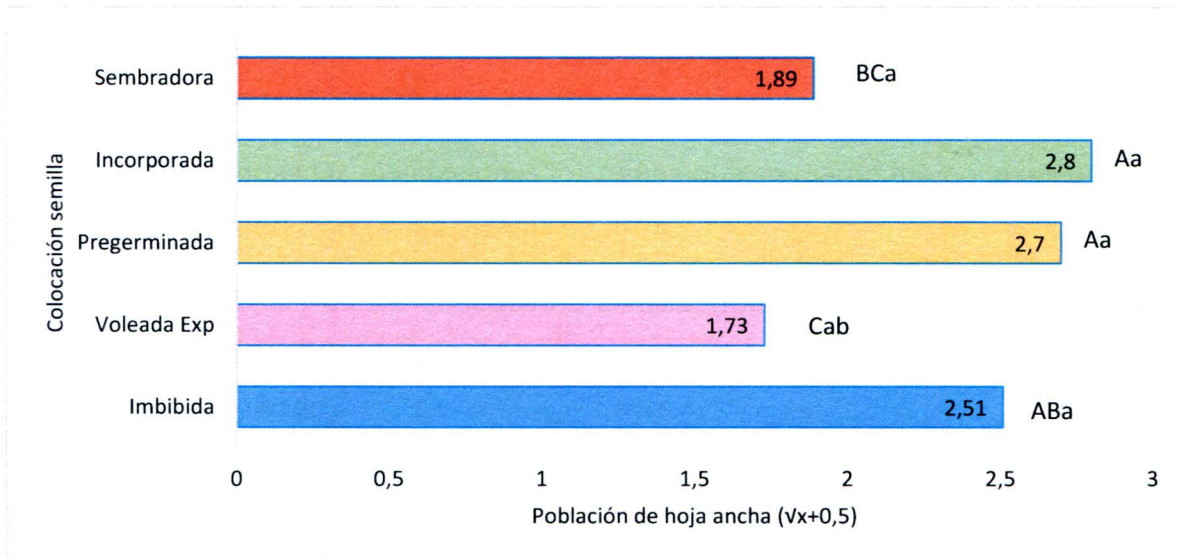
Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba DMS protegida de Fisher ($p \leq 0.05$). Datos transformados por $\sqrt{x+0.5}$.

Figura. 7. Poblaciones de malezas de hoja ancha/m² en parcelas de arroz, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes en Hacienda Mojica, 2015.

Con relación a los sistemas de siembra no se observaron diferencias entre estos para las poblaciones de las especies evaluadas. Sin embargo, si se presentaron interacciones entre tratamientos de control y los métodos de siembra, específicamente para el tratamiento testigo (Figura 8).

Las menores poblaciones de hojas anchas, durante todo el periodo de muestreo (45 dda) se encontró principalmente cuando la semilla se hizo voleada expuesta, seguida por el tratamiento en que se usó sembradora. Con la excepción de estos dos sistemas, los otros no mostraron diferencias entre ellos.

Es importante señalar que procesos como la incorporación de la semilla así como el uso de sembradora pueden favorecer por el movimiento de suelo que se provoca, una mayor exposición de semillas de malezas (Godoy, Vega y Pitty 1995).



Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba DMS protegida de Fisher ($p \leq 0.05$). Datos transformados por $\sqrt{x+0.5}$.

Figura. 8. Interacción entre métodos de siembra- tratamiento testigo para hoja ancha en parcelas de arroz, tratadas con cinco herbicidas pre-emergentes en Hacienda Mojica, 2015.

8. Conclusiones y recomendaciones

- Para las dos primeras evaluaciones las parcelas de arroz tratadas con el herbicida butachlor, mostraron la mayor fitotoxicidad. Mientras que para este mismo periodo fueron las aplicadas con oxadiazon las que manifestaron el menor daño de las plantas.

- Las técnicas de siembra de semilla incorporada y con sembradora, mostraron el menor daño fitotóxico de los herbicidas. El método de semilla embebida potencializó este efecto.
- En casi todas las evaluaciones los daños que se dieron fueron leves y hubo una recuperación de las plantas de arroz.
- En la práctica de los métodos de semilla embebida voleada y semilla pregerminada voleada no es adecuado el uso del herbicida butachlor, es mejor usar oxadiazon.
- En general, el mejor combate de malezas monocotiledóneas fue realizado por los herbicidas butachlor, clomazone y oxifluorfen. En los diferentes casos su eficiencia estuvo limitada por la presencia de determinada especie de maleza.
- En el caso de las especies de hoja ancha los mejores tratamientos de manejo químico se dieron con quinclorac y clomazone.
- Como recomendación: Los resultados de las interacciones no se logran apreciar claramente posiblemente debido a la gran cantidad de herbicidas y métodos de siembra utilizados; es por eso que se recomienda para futuras investigaciones disminuir a la mitad la cantidad de tratamientos y métodos, pero aumentar el número de repeticiones, con el fin de reducir los errores estadísticos.

9. Bibliografía

- Agasimani, C.A.; Channappagoudar, B.B.; Raikar, D.S. 2008. Effect of herbicides on weeds in transplanted rice. *Journal of Crop and Weed* 4(1):49-51
- Agüero, R; Soto, A. 2006. Catálogo de Herbicidas. Catálogo Digital. San José, Costa Rica.
- Anderson, P. 1996. *Weed Science: Principles*. 3rd edition. West Publishing Co., St. Paul, MN. 338 p.
- Bàrberi, P. 2004. Métodos preventivos y culturales para el manejo de malezas. Manejo de malezas para países en desarrollo. Addendum 1. FAO. Roma. Italia. 197 p.
- Baumann, A; Dotray, A; Prostko, P. 1998. Herbicide mode of action and injury symptomology. Texas Agriculture Extension Service. The Texas A&M.
- Bhagat, M; Bhuiyan, I; Moody, K. 1996. Water, tillage and weed interactions in lowland tropical rice: a review. *Agricultural Water Management* 31, 165-184.
- Caseley, C; Parker, C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 225 p.
- Chebataroff, N. 2012. Arroz uruguayo. Montevideo, Hemisferio Sur. 352 p.
- Clavijo, J. 2010. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina Tomo I. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 443 p.
- CONARROZ. 2014. Informe Estadístico Periodo 2013/2014. Unidad de Inteligencia de Mercados. San José, Costa Rica. 2 p.
- Cuevas, A. 2004. Manejo integrado de plagas en el cultivo del arroz. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Programa de Trasferencia Nacional de

- Transferencia de Tecnología Agropecuaria. PRONATTA. FEDEARROZ. Cúcuta, Colombia. 22 p.
- Delgado, F. 2011. Arroz Del Ecuador. Panorama Nacional. ECUAQUIMICA. Disponible en: https://www.ecuaquimica.com.ec/info_tecnica_arroz.pdf. Consultado 17 de Diciembre 2016
- Diarra, A; Smith, J; Talbert, E. 1985. Red rice (*Oryza sativa* L.) control in drill-seeded rice (*O. sativa*). *Weed Science* 33:703-707.
- Dieleman, A; Mortensen, A. 1997. Influence of weed biology and ecology on development of reduced dose strategies for integrated weed management systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 333-362 p.
- Díez, P. 2013. Manejo de malezas problema. Modos de acción de los herbicidas. Universidad Nacional de Mar de la Plata. Santa Fe, Argentina. 18 p.
- Esqueda, V. 2000. Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, solo y en mezcla con propanil y 2,4-D¹. *Revista Agronomía Mesoamericana* 11(1): 51-56. 2000
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. Recomendaciones para el manejo de malezas. División de Producción y Protección Vegetal. Roma. 29 p.
- Fisher, A.; Ramírez, A. 1993. Red rice (*Oryza sativa*): competition studies for management decisions. *International Journal of Pest Management* 39: 133-138.
- Godoy, G.; Vega, J; Pitty, A. 1995. El tipo de labranza afecta la flora y la distribución vertical del banco de semillas de malezas. *CEIBA* 36(2):217-229.
- Hernández, F. 2011. Evaluación de la resistencia de poblaciones de *Ischaemum rugosum salisb.* a bispiribac sodio en lotes arroceros de la zona del Ariari,

- Meta.Tesis M.Sc. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, Bogotá. 8 p.
- Holm, L.; Pluknett, D; Pancho, J; and Herberger, J. 1977. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. The University Press of Hawaii, Honolulu. 609 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 1996. Interacción de sistemas de siembra- herbicidas sobre el control de malezas en arroz de secano. Informe Técnico Anual- INIAP. Guayaquil, Ecuador. 8 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2000. Manual para la Producción de Arroz en la Región Central de México. Libro Técnico N°1 División Agrícola. México. 53-54 p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2006. Estudio de la Cadena Agroalimentaria de Arroz en la Republica Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. 22 p.
- Issac, W.A.; and Brathwaite, R.A.I. 2007. *Commelina* Species – A Review of its Weed Status and Possibilities for Alternative Weed Management in the Tropics [Review of *Commelina* species: status and management. AgroThesis Vol5, No. 1: 3-18
- Jirón, F. 2007. Evaluación de dosis de herbicida Pyribenxozim aplicados en post emergencia temprana para el control de arvenses en época seca en el cultivo de arroz. Managua, Nicaragua. 38 p.
- Kumar, B.; Haque, M.; Kalpana, A. 2015. Bioefficacy of chemical herbicides in weed management of aerobic rice at Sabour region of Bihar. *Journal Crop and Weed* 11(2):134-143.
- Kunert, K; Sandmann, G; Boger, P. 1987. Modes of action of diphenyl ethers. *Reviews of Weed Science* 3:35-56.
- Laborde, J; Santos, W. 2013. Control químico de *Echinochloa spp.* en el cultivo de arroz, utilizando distintas combinaciones de herbicidas, bajo dos sistemas de riego y sistematización. Montevideo, Uruguay. 16 p.

- Landaverde, N. 2012. "Evaluación de diferentes dosis de mezclas de herbicidas pre-emergentes (*pendimethalin* y *butachlor*) y efecto alelopático de exudados radiculares de malezas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) bajo condiciones de riego, en el distrito de riego Atiocoyo Norte, Nueva Concepción, Chalatenango". Tesis Ingeniero Agrónomo San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 59 p.
- Luna, J; Hernández, F. 2012. Evaluación de bancos de malezas en la zona arrocera de Castilla La Nueva- Meta. Revista Arroz. Bogotá, Colombia 60 (499): 4-10
- Macías, G. 2012. Herbicidas orgánicos Vs. Herbicidas químicos. Monografía. Universidad Veracruzana. 7 p.
- Modernel, P. 2010. Guía para la protección y fertilización vegetal. Editorial San José de Carrasco, Canelones (Uruguay): Tradinco. Uruguay. 479 p.
- Olmos, S. 2006. Prácticas para el manejo de arroz. Cátedra de cultivos II. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Argentina. 8 p.
- Osuna, F; Hernández, L; Salcedo, J; Tavitas, L; Gutiérrez, L. 2000. Manual para la producción de arroz en la Región Central de México. México. 53 p.
- Osuna, F. 1999. Combinación de herbicidas en arroz de siembra directa en surcos: I. Efecto sobre maleza. Memorias del XX Congreso Nacional y Simposium Internacional de la Ciencia de la Maleza. Culiacán. 24 p.
- Peterson, D; Thompson, D; Regehr, L; Al-Khatib, K. 2001. Herbicide mode of action. Kansas State University. C-715. 24 p.
- Pitty, A. Núñez, R. 1979. Guía Práctica para el Manejo de Malezas. Colegio Zamorano. San Pedro de Sula. Honduras. 220 p.
- Smith, R. 1988. Weed thresholds in southern US rice (*Oryza sativa*). Weed Technology. 2:232-241.

- Tinoco, R; Acuña, A. 2009. Manual de recomendaciones técnicas cultivo de arroz. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología y Agropecuaria. San José, Costa Rica. 9-10 p.
- Valverde, B; Chaves, L; Ramírez, F. 1998. La resistencia a herbicidas dificulta el manejo de malezas en el cultivo de arroz. Primer Simposium Internacional de Arroz. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 23 p.
- Vargas, J; Navarro, J. 2014. Determinación de un tamaño adecuado de unidad experimental, utilizando el método de curvatura máxima, para ensayos de arroz (*Oryza sativa*), en Bagaces, Guanacaste. Revista Intersedes Vol. XV, N° 31 (2014).
- Weed Science Society of America (WSSA). 2002. Herbicide Handbook. Vencil, W.K, (editor). 8 Edition, Champaign, Illinois, U.S.A. 493 p.

10. Anexos

Anexo 1. Análisis de varianza para *Echinochloa colona* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015

ANdeVA		echinoclo1 $\sqrt{V(x+0,5)}$	echinoclo1 $\sqrt{V(x+0,5)}$	echinoch 2 $\sqrt{V(x+0,5)}$	echinoch 2 $\sqrt{V(x+0,5)}$	echinoch 3 $\sqrt{V(x+0,5)}$	echinoch 3 $\sqrt{V(x+0,5)}$	echinoch4 $\sqrt{V(x+0,5)}$	echinoch4 $\sqrt{V(x+0,5)}$	GRUPO	GRUPO	GRUPO
F. DE V.	GL	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	GL	CM	P(f)
BLOQUES	3	51,9679	0,0001	23,1381	0,1232	16,8138	0,1765	18,9377	0,111	12	27,714	0,0004
A	4	4,7207	0,2374	13,3388	0,3052	12,5771	0,2764	7,9867	0,4241	16	9,6558	0,2192
B	5	21,9265	0,000000079	23,2599	0,0003	15,4002	0,0034	18,5741	0,0006	20	19,79	3,21E-12
A*B	20	1,9717	0,5076	4,0348	0,575	3,3391	0,6544	3,0628	0,6861	80	3,1021	0,7584
E(a)	12	2,9494		9,8192		8,6527		7,6373		48	7,2647	
E(b)	75	2,035		4,4292		3,9569		3,7496		300	3,5427	
TOTAL [SC]	119	511,8744		769,7862		645,1358		615,7537		ERROR Ge	----->	7,55E-05
CV(a) %		67,0979		67,6823		62,4443		56,3207			32,074	
CV(b) %		55,7355		45,457		42,2276		39,463			22,398	

Anexo 2. Análisis de varianza para *Digitaria sanguinalis* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015

ANDeVA	digitaria s.1		digitaria s.1		digitaria s.2		digitaria s.2		digitaria s.3		digitaria s.3		digitaria s.4		digitaria s.4		GRUPO	GRUPO	GRUPO
	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$					
F. DE V.	GL	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	GL	CM	P(f)					
BLOQUES	3	1,0039	0,2177	3,3376	0,0316	1,0266	0,2047	1,2058	0,1672	12	1,6435	0,0107							
A	4	1,6431	0,0746	0,4676	0,684	0,3119	0,7093	0,3797	0,6497	16	0,7006	0,3912							
B	5	4,5596	0,00000266	4,8231	0,000000671	2,9019	0,000039	2,6975	0,0000881	20	3,7455	5,55E-16							
A*B	20	0,4384	0,7046	0,7251	0,1533	0,6355	0,1293	0,6455	0,1242	80	0,6111	0,0926							
E(a)	12	0,5867		0,8084		0,5772		0,6017		48	0,6435								
E(b)	75	0,5474		0,5207		0,4402		0,4434		300	0,4879								
TOTAL [SC]	119	89,2472		99,2563		71,4862		72,0055		ERROR Ge	----->	0,6481							
CV(a) %		50,3452		54,1588		47,616		49,0586			25,233								
CV(b) %		48,632		43,4654		41,5795		42,1129			21,972								

Anexo 3. Análisis de varianza para *Commelina difusa* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015

ANDeVA	commelina d.1		commelina d.1		commelina d.2		commelina d.2		commelina d.3		commelina d.3		commelina d.4		commelina d.4		GRUPO	GRUPO	GRUPO		
	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$							
F. DE V.	GL	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	GL	CM	P(f)	GL	CM	P(f)	GL	CM	P(f)	
BLOQUES	3	1,6614	0,0551	1,7529	0,2883	1,2335	0,5048	1,4774	0,3875	12	1,5313	0,2293									
A	4	1,5997	0,051	2,322	0,1813	2,2938	0,254	2,5512	0,1757	16	2,1917	0,0424									
B	5	0,5845	0,0217	0,7522	0,0447	0,7473	0,0914	0,7692	0,0832	20	0,7133	0,0021									
A*B	20	0,2294	0,3605	0,2864	0,5708	0,2388	0,8754	0,2414	0,8702	80	0,249	0,9066									
E(a)	12	0,4945		1,2444		1,4944		1,3447		48	1,1445										
E(b)	75	0,2071		0,3131		0,3774		0,3778		300	0,3189										
TOTAL [SC]	119	40,3597		62,453		67,6284		67,7843		ERROR Ge	----->	1,98E-05									
CV(a) %		47,1738		64,2667		71,4394		66,6529			7,6398										
CV(b) %		30,5296		32,2383		35,9031		35,3313			4,0326										

Anexo 4. Análisis de varianza para *Cyperus iria* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015

ANdeVA	cyperus i.1		cyperus i.1		cyperus i.2		cyperus i.3		cyperus i.3		cyperus i.4		cyperus i.4		GRUPO	GRUPO	GRUPO
	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$	$\sqrt{V(x+0,5)}$					
F. DE V.	GL	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	GL	CM	P(f)			
BLOQUES	3	5,9314	0,0014	0,3287	0,8905	1,7941	0,3544	2,4046	0,2276	12	2,6147	0,0416					
A	4	0,3906	0,6364	0,3435	0,925	0,4133	0,8888	0,781	0,7095	16	0,4821	0,9826					
B	5	4,6272	0,0002	10,1728	0,000000123	11,4785	1,84E-08	9,9882	9,83E-09	20	9,0667	5,55E-16					
A*B	20	0,9863	0,2872	1,0243	0,4159	0,7061	0,7842	0,6157	0,7509	80	0,8331	0,6432					
E(a)	12	0,5989		1,5977		1,5058		1,4463		48	1,2872						
E(b)	75	0,8291		0,9732		0,9685		0,8104		300	0,8953						
TOTAL [SC]	119	131,5893		165,8748		169,2601		150,7287		ERROR Ge	----->	0,0171					
CV(a) %		46,9953		62,1019		56,0224		47,0126			6,2274						
CV(b) %		55,2949		48,4694		44,9301		35,1905			5,1937						

Anexo 5. Análisis de varianza para *Cyperus rotundus* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015

NdeVA	cyperus r.1		cyperus r.1		cyperus r.2		cyperus r.3		cyperus r.3		cyperus r.3		
	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	$\bar{V}(x+0,5)$	GRUPO	GRUPO	GRUPO
F. DE V.	GL	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	GL	CM	P(f)	
BLOQUES	3	1,305	0,0078	0,3844	0,744	0,2824	0,7691	0,3496	0,6726	12	0,5804	0,538	
A	4	0,2295	0,3895	0,1062	0,9746	0,0839	0,9755	0,1371	0,9299	16	0,1392	0,9991	
B	5	2,3347	0,00008	9,0119	0,000000021	9,147	4,91E-08	7,8596	0,000000107	20	7,0883	5,55E-16	
A*B	20	0,4057	0,4002	0,622	0,6928	0,5316	0,8638	0,4484	0,899	80	0,5019	0,9459	
E(a)	12	0,2038		0,9217		0,7429		0,6644		48	0,6332		
E(b)	75	0,38		0,767		0,8225		0,7444		300	0,6785		
TOTAL [SC]	119	55,5676		127,662		128,1477		113,6685		ERROR Ge	----->	2,75E-05	
CV(a) %		39,7932		51,6656		42,703		36,4435			3,6431		
CV(b) %		54,3399		47,1309		44,9322		38,5748			3,7711		

Anexo 6. Análisis de varianza para *Cyperus esculentus* en arroz, Mojica, Bagaces. 2015

ANDeVA	cyperus e.1		cyperus e.1		cyperus e.2		cyperus e.2		cyperus e.3		cyperus e.3		cyperus e.4		cyperus e.4		GRUPO	GRUPO	GRUPO			
	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$	$V^-(x+0,5)$								
F. DE V.	GL	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	GL	CM	P(f)	GL	CM	P(f)	GL	CM	P(f)		
BLOQUES	3	4,6503	0,0063	0,283	0,9069	1,2848	0,4319	2,4109	0,2194	12	2,1572	0,0877										
A	4	0,2042	0,8739	0,0971	0,9919	0,309	0,9119	0,4234	0,873	16	0,2585	0,9994										
B	5	4,5628	0,00000765	14,1954	5,56E-09	11,2865	5,44E-08	9,8107	2,73E-08	20	9,9639	5,55E-16										
A*B	20	0,7862	0,1966	0,773	0,8188	0,7622	0,766	0,8723	0,4424	80	0,7984	0,7257										
E(a)	12	0,686		1,5589		1,3027		1,4159		48	1,2409											
E(b)	75	0,5977		1,1122		1,0217		0,8489		300	0,8951											
TOTAL [SC]	119	106,3679		189,7948		169,0261		156,0857		ERROR Ge		----->									0,0044	
CV(a) %		55,5664		59,1758		49,9733		43,7943														
CV(b) %		51,8668		49,9831		44,2559		33,91														