

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**RESPUESTA DE *Amaranthus cruentus* y *Solanum scabrum* ANTE LA
APLICACION DE CUATRO HERBICIDAS PRE- EMERGENTES y OCHO POST-
EMERGENTES**

POR:

LEONARDO JOSE MARTINEZ MARADIAGA

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO
AGRONOMO**



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2013

RESPUESTA DE *Amaranthus cruentus* y *Solanum scabrum* ANTE LA APLICACION
DE CUATRO HERBICIDAS PRE- EMERGENTES y OCHO POST-EMERGENTES

POR:

LEONARDO JOSE MARTINEZ MARADIAGA

M.Sc. CARLOS HUMBERTO AMADOR

Asesor Principal, Honduras

Ph. D. STEPHEN WELLER

Asesor Principal, Estados Unidos

TESIS

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO
AGRONOMO

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A **DIOS PADRE**, creador del universo, quien hace posible todas las cosas, por brindarme su amor incomparable, regalarme sabiduría y paciencia y ayudarme a enfrentar los retos de la vida para hacer realidad mis sueños.

A mi madre **Maritza Alfredina Maradiaga Agurcia** por enseñarme el buen camino, inculcándome así los valores de honestidad, humildad y responsabilidad, apoyándome en todo momento, por demostrarme su gran amor y cariño y por mostrarme que con esfuerzo y dedicación se puede salir adelante.

A mi hermana **Julia Martiza Martinez** por su motivación y apoyo incondicional en todo momento.

A mis queridas abuelas **Joaquina Gonzales y Ela Agurcia** por ser las personas que con su cariño y consejos me han guiado a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A DIOS por brindarme fortaleza y sabiduría para emprender este reto y ayudarme a culminar con éxito mi carrera universitaria, por su fidelidad y amor que nunca fue faltante.

A mi madre por depositar su confianza en mí y apoyarme incondicionalmente en momentos agradables y difíciles, por su amor y sus consejos que me han ayudado a ser mejor cada día.

A mis hermanos y tíos por sus buenos deseos y compañía en todo momento, por su cariño y afecto que siempre ha estado ahí cuando más se necesita.

A mi asesor principal en la Universidad Nacional de Agricultura **M.Sc. Carlos Humberto Amador Zelaya**, por brindarme su apoyo incondicional, que con paciencia y dedicación me ha orientado en la realización de mi trabajo con sus conocimientos y experiencias adquiridas en el campo profesional, así mismo a mi asesor secundario, **M.Sc. Erlin Vianey Escoto** por sus valorables aportes y al **Ing. Jorge Medina** por su disponibilidad y colaboración.

A la **M.Sc. Karla Mariella Hernandez** por ser más que una maestra, una amiga quien me brindo su amistad desde mi ingreso a la Universidad Nacional de Agricultura, por sus consejos y orientaciones.

A **Katrina Elizabeth Spillane** por haberme apoyado en los tramites de gestión de mi investigacion y haber por confiado en mi al momento buscar la oportunidad en el extranjero y por haberme brindado su apoyo incondicional para la realización de mi investigación.

A mi asesor en Purdue University **Ph D. Stephen Weller**, por brindarme su apoyo durante la realización de mi trabajo de investigación científica, orientándome con sus conocimientos y experiencia en el campo de estudio.

A **Wanda Hunter** mi compañera de trabajo durante el periodo de investigación en Purdue, por haberme brindado la mayor colaboración posible, por estar disponible para lo que fuese cuando la necesité y por haberme brindado su amistad.

A **Purdue University** por permitirme realizar mi trabajo de investigación dentro de una de sus estaciones experimentales, al igual que a todo el personal docente y estudiantes, especialmente a **Lonni Kucik, Kira Albright y Anthony Gillund** que me brindaron su apoyo y sincera amistad durante mi estadía en tan prestigiosa Universidad.

A mis compañeros de la clase Kayros pero en especial a **Alex López, Miguel Rivera, Donald Martínez, Cesar Escalante, Samuel Escobar, Matias Martínez, Carlos Lizardo, Manuel Reyes, Angel Mejía, Jorge Mejía y Dagoberto Aguilar** por haber compartido alegrías y tristezas y por haber sido como mis hermanos durante este tiempo de estudio en la Universidad.

A la **Universidad Nacional de Agricultura** por darme la oportunidad de formarme profesionalmente en su campus y obtener experiencias maravillosas que serán de utilidad para toda mi vida, así mismo a todo el personal docente y no docente que llenaron cada uno de mis días de mucha alegría en esta, nuestra querida Alma Mater.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	v
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 Generales	2
2.2 Específicos	2
III. REVISION DE LITERATURA	2
3.1 <i>Amaranthus cruentus</i>	2
3.2 <i>Solanum scabrum</i>	4
3.3 Herbicidas	5
3.3.1 Formulaciones de los herbicidas.....	6
3.3.1.1 Formulaciones líquidas.....	6
3.3.1.2 Formulaciones sólidas	6
3.4 Clasificación de los Herbicidas.....	7
3.4.1 Época de aplicación	7
3.4.2 Selectividad	7
3.4.3 Modo de acción	7
3.4.4 Mecanismo de acción	8
3.4.4.1 Inhibidores del crecimiento de plántulas	8
3.4.4.2 Inhibidores de la síntesis de aminoácidos.....	8
3.4.4.2.1 Inhibidores de aminoácidos ramificados	9
3.4.4.2.2 Inhibidores de aminoácidos aromáticos.....	9

3.4.4.3	Destructores de membranas celulares.....	9
3.4.4.4	Inhibidores de la enzima PPO oxidasa	10
3.4.4.5	Inhibidores de la fotosíntesis	10
3.4.4.6	Inhibidores de la síntesis de lípidos	11
3.5	Herbicidas utilizados.....	11
3.5.1	Prowl	11
3.5.2	Sandea	12
3.5.3	Spartan	12
3.5.4	Spartan Charge	12
3.5.5	Pursuit.....	13
3.5.6	Basagran.....	13
3.5.7	First Rate	13
3.5.8	Reflex	13
3.5.9	Classic	14
3.5.10	Resource.....	14
3.5.11	Aim EC	14
3.5.12	Matrix	15
3.6	Emplastizado.....	15
IV.	MATERIALES Y METODO	16
4.1	Experimento en pre-emergencia	16
4.1.1	Ubicación del experimento	16
4.1.2	Descripción del experimento.....	16
4.1.3	Materiales y equipo	17
4.1.4	Unidad experimental	17
4.1.5	Diseño experimental.....	17
4.1.6	Modelo estadístico	17
4.1.7	Tratamientos	18
4.1.8	Aplicación de tratamientos	18
4.1.9	Variables a evaluar	19
4.1.9.1	Altura de planta	19

4.1.9.2 Rendimiento total	19
4.1.9.3 Biomasa del cultivo	19
4.1.9.4 Control de malezas	20
4.1.9.5 Análisis estadístico	20
4.2 Experimento en post-emergencia.....	21
4.2.1 Ubicación del sitio experimental	21
4.2.2 Descripción del experimento.....	21
4.2.3 Materiales y equipo	21
4.2.4 Unidad experimental	22
4.2.5 Diseño experimental.....	22
4.2.6 Modelo estadístico.....	22
4.2.7 Tratamientos	22
4.2.8 Aplicación de tratamientos	23
4.2.9 Variables a evaluar	23
4.2.9.1 Porcentaje de daño foliar	23
4.2.9.2 Altura de planta	24
4.2.9.3 Biomasa del cultivo	24
4.2.9.4 Análisis estadístico	24
V. DISCUSION Y RESULTADOS	25
5.1 Experimento en pre-emergencia	25
5.1.1 Rendimiento en kg ha ⁻¹	25
5.1.2 Altura.....	27
5.1.3 Biomasa.....	29
5.1.4 Control de malezas	31
5.1.5 Análisis económico.....	32
5.2 Experimento en post-emergencia.....	32
5.2.1 Porcentaje de daño foliar	32
5.2.2 Altura de plantas	33
5.2.3 Biomasa.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	36

VII. RECOMENDACIONES	38
VIII. BIBLIOGRAFIA	41
ANEXOS	46

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Promedios de rendimiento en kg ha ⁻¹ para <i>A. cruentus</i>	26
Figura 2. Promedio de rendimiento en kg ha ⁻¹ para <i>S. scabrum</i>	27
Figura 3. Promedio de altura de plantas para <i>A. cruentus</i>	28
Figura 4. Promedio de altura de plantas para <i>S. scabrum</i>	29
Figura 5. Promedio de biomasa para <i>A. cruentus</i> en kg ha ⁻¹	30
Figura 6. Promedio de biomasa en kg ha ⁻¹ para <i>S. scabrum</i>	31
Figura 7. Promedio de control de malezas para ambos cultivos	32
Figura 8. Promedios de daño foliar causado por tratamientos en ambos cultivos	33
Figura 9. Promedio de altura de plantas por tratamiento en ambos cultivos.....	34
Figura 10. Promedios de biomasa por tratamiento en ambos cultivos	35

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Descripción de tratamientos del experimento en pre-emergencia.....	18
Cuadro 2 Descripción de los tratamientos del experimento en post-emergencia	23

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza para la variable rendimiento en <i>A. cruentus</i>	47
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en <i>A. cruentus</i>	47
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable biomasa en <i>A. cruentus</i>	47
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento en <i>S. scabrum</i>	48
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en <i>S. scabrum</i>	48
Anexo 6. Análisis de varianza para la variable biomasa en <i>S. scabrum</i>	48
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable porcentaje de daño foliar en <i>A. cruentus</i> ...	49
Anexo 8. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en <i>A. cruentus</i>	49
Anexo 9 . Análisis de varianza para la variable biomasa en <i>A. cruentus</i>	49
Anexo 10. Análisis de varianza para la variable porcentaje de daño foliar en <i>S. scabrum</i> ..	50
Anexo 11. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en <i>S. scabrum</i>	50
Anexo 12. Análisis de varianza para la variable biomasa en <i>S. scabrum</i>	50
Anexo 13. Prueba de medias con Test de Tukey para <i>A. cruentus</i> en pre-emergencia.....	51
Anexo 14. Prueba de medias con Test de Tukey para <i>S. scabrum</i> en pre-emergencia	51
Anexo 15. Prueba de medias con Test de Tukey para <i>A. cruentus</i> . en post-emergencia	52
Anexo 16. Prueba de medias con Test de Tukey para <i>S. scabrum</i> . en post-emergencia.....	52
Anexo 17. Resumen descriptivo de los herbicidas utilizados	53
Anexo 18. Cultivo de <i>Amaranthus cruentus</i>	54
Anexo 19. Cultivo de <i>Solanum scabrum</i>	54

Martínez Maradiaga, L. 2013. Respuesta de *Amaranthus cruentus* y *Solanum scabrum* ante la aplicación de cuatro herbicidas pre- emergentes y ocho post-emergentes. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho. Universidad Nacional de Agricultura. 67 p.

RESUMEN

El presente experimento se realizó en dos etapas de las cuales la primera se desarrolló en condiciones de campo y la segunda bajo condiciones de invernadero, ambos en el campus de la Universidad de Purdue, en la época de verano en EUA. El objetivo del primer experimento fue evaluar el efecto de cuatro herbicidas pre-emergentes en los cultivos de *Amaranthus cruentus* y *Solanum scabrum*, se utilizó un diseño en bloques completo al azar evaluando siete tratamientos y dos testigos, las variables evaluadas fueron: rendimiento kg ha^{-1} , altura de plantas, biomasa y control de malezas. En *A. cruentus* los resultados mostraron que el herbicida Spartan indujo una mayor altura de plantas con 98.38 cm, mientras que el Sandea con 69.40 cm presentó el promedio de altura más bajo; en el caso del rendimiento el Spartan Charge logró el mayor promedio con $1459.67 \text{ kg ha}^{-1}$ y la mezcla de Prowl 50 EC + Sandea con 825.65 expresó el rendimiento más bajo; la mezcla de Prowl + Spartan Charge lograron el mayor promedio de biomasa en las plantas con $5736.02 \text{ kg ha}^{-1}$ mientras que el Sandea con $1794.04 \text{ kg ha}^{-1}$. Para *S. scabrum* el herbicida Prowl 50 EC en las tres variables presentó los mejores resultados con 53.83 cm para altura de plantas, $1168.81 \text{ kg ha}^{-1}$ para rendimiento y $5223.44 \text{ kg ha}^{-1}$ para biomasa, mientras que el Sandea con rendimientos de $570.57 \text{ kg ha}^{-1}$, una altura promedio de 43.25 cm y una biomasa de $1855.05 \text{ kg ha}^{-1}$ fue el que mostró los promedios más bajos para las tres variables. La tendencia del control de malezas en ambos cultivos se comportó de igual manera, donde la mezcla de Spartan Charge + Prowl logró el mejor control de malezas. El segundo experimento se realizó en condiciones de invernadero evaluando el efecto de ocho herbicidas post-emergentes sobre los mismos cultivos, se utilizó un diseño en bloques completos al azar donde las variables evaluadas fueron: porcentaje de daño foliar, altura de plantas y biomasa. Para *A. cruentus* el herbicida First Rate fue el que causó menor porcentaje de daño foliar con valores de 3.4% mientras que el Reflex con 86% fue el que causó mayor daño foliar, para la variable altura de plantas el herbicida Basagran presentó el mayor promedio con 54.2 cm, mientras que el Resource con 17.9 cm presentó la menor altura, el Pursuit con valores de 6.48 g por planta logró el mejor promedio para la variable biomasa y el Reflex con 1.97 g presentó el promedio de biomasa más bajo. Por otro lado para *S. scabrum* el herbicida Pursuit con 5% de daño foliar produjo menor daño foliar y el Reflex con 57.2% mostró el promedio más alto para esta variable, mientras que para la variable altura de plantas el First Rate logró el promedio más alto con 36.8 cm y de manera

opuesta se observó el Aim con 12.8 cm, al igual que en la altura de plantas el First Rate presentó el mayor promedio de biomasa con 11.49 g como promedio y el Reflex con 3.66 g fue el herbicida que mostró el promedio de biomasa más bajo.

Palabras claves: Herbicida, daño foliar, pre-emergencia, post-emergencia.

I. INTRODUCCION

El manejo de las malezas es uno de los factores más importantes en la producción agrícola, ya que éstas causan pérdidas significativas en el rendimiento de los cultivos, las malezas compiten con las plantas cultivables por los nutrientes del suelo, espacio, agua y luz, su control es de vital importancia y a la vez es una de las actividades de vital importancia dentro del manejo de los cultivos. Una de las maneras de controlarlas es mediante el uso de productos químicos, pero para la utilización de estos se debe de tomar en cuenta un factor muy importante como es la selectividad o espectro de acción de los herbicidas.

Estas plantas indeseables o malezas sirven de hospederas a insectos y patógenos dañinos a las plantas cultivables. En algunos casos sus exudados radicales y lixiviados foliares resultan ser tóxicos a las plantas cultivables. De esta forma, la presencia de las malezas en áreas cultivables reduce la eficiencia de la fertilización y la irrigación, facilita el aumento de la densidad de otras plagas y al final los rendimientos agrícolas y su calidad decrecen severamente.

Los cultivos de *Amaranthus cruentus* y *Solanum scabrum* son de origen americano y africano respectivamente, donde son ampliamente utilizados en la alimentación humana. En países donde la inseguridad alimentaria es extrema, debido a las condiciones agroecológicas y económicas, han tomado como salida viable la implementación de estos cultivos como un alimento de la dieta diaria, ya que son muy adaptables a condiciones de extrema temperatura y disponibilidad de agua. En estos cultivos se ha visto grandes pérdidas en cuanto a su rendimiento, una de las principales razones es el manejo de malezas; por tanto este trabajo implica la búsqueda de la solución a este problema, evaluando una manera viable y eficaz en el manejo de malezas, tratando de maximizar los rendimientos y la rentabilidad de los cultivos.

II. OBJETIVOS

2.1 Generales

- Evaluar el efecto de cuatro herbicidas pre-emergentes en el comportamiento agronómico de Nightshade (*Solanum scabrum*) y Pigweed (*Amaranthus cruentus*) en condiciones de campo.
- Evaluar el comportamiento de los cultivos de Nightshade (*Solanum scabrum*) y Pigweed (*Amaranthus cruentus*) ante la aplicación de ocho herbicidas post-emergente bajo condiciones de invernadero.

2.2 Específicos

- Determinar que combinación de herbicidas pre-emergentes es más efectiva en cuanto al control de malezas bajo condiciones de campo.
- Determinar con cual de los herbicidas o combinaciones de herbicidas aplicados en pre-emergencia los cultivos expresan su mayor potencial productivo en cuanto a rendimiento.
- Determinar la selectividad de los herbicidas aplicados en post-emergencia sobre los cultivos de nightshade (*Solanum scabrum*) y pigweed (*Amaranthus cruentus*) bajo condiciones de invernadero.
- Medir el porcentaje de daño foliar causado al cultivo con la aplicación de los herbicidas post-emergentes bajo condiciones de invernadero.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 *Amaranthus cruentus*

El amaranto es una especie anual, herbácea de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias. La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas (Sumar, 1993). El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales, Las hojas son pecioladas, elíptica, opuestas con nervaduras en el envés, lisas o poco pubescentes, las hojas tiernas se consumen como hortaliza de hoja. La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes. (Tapia, 1997).

El amaranto es una especie con potencial agronómico para ser considerado como un cultivo de alternativa en zonas de escasa precipitación. Por ser una especie C4, está capacitada para hacer un uso eficiente del agua y producir grandes volúmenes de biomasa (Webb, 1985).

Las especies de *Amaranthus* cultivadas en Mesoamérica se localizan principalmente entre 1,000-1,500 msnm pero eso no es un problema ya que este se desarrolla sin ningún problema desde el nivel del mar hasta 2,500 msnm. El amaranto se desarrolla mejor en suelos de textura franca y franco-arenosa, y en general no tolera los suelos arcillosos, ya que éstos absorben demasiada humedad. (Mujica y Quillahuamán, 1989).

En las zonas templadas, las áreas cultivadas están supeditadas, en su mayoría al inicio del temporal en los meses de mayo a junio, con un promedio de 500-800 mm de precipitación anual. Los rendimientos en grano varían de 800 a 1,200 kg ha⁻¹, aunque es posible aumentarlos incrementando las densidades de población y utilizando fertilizantes. Experimentalmente se han obtenido en Durango, México, promedios de 1,500 a 3,000 kg ha⁻¹ de grano, utilizando riegos de auxilio al inicio de la siembra (Alejandre Itúrbide, G. 1990).

En la región de las grandes planicies en EE.UU., se han informado bajos rendimientos de grano en variedades de *A.cruentus*. Esto fue debido principalmente a su precocidad, y a que en la estación de crecimiento del cultivo existieron una alta competencia con malezas y heladas antes de su madurez comercial (Hass y Kauffman, 1984).

No se dispone de estadísticas de distribución a nivel mundial de este cultivo, pero en países Europeos y Estados Unidos se comenzó con pequeños ensayos, y sin embargo la demanda aumenta paulatinamente hasta el punto que se consume más de lo que se produce. Si bien *A. cruentus* ya no es un alimento básico, todavía es cultivado y vendido como un alimento saludable, pero es un cultivo importante para los agricultores de subsistencia en África. Las semillas se comen como un grano de cereal. Se trata de una fuente para harina, palomitas, cocida y en confitería llamada alegría. Las hojas pueden cocinarse como las espinacas, y las semillas pueden germinar en brotes nutritivos. (Henderson, 1993).

3.2 *Solanum scabrum*

S. scabrum es una es una planta anual o de corta duración, su porte es herbáceo de 1 m de altura, dicotiledónea con raíz pivotante con múltiples ramificaciones fibrosas, hojas ovadas estrechamente alada en la parte superior. Inflorescencia simple o ramificado a veces, su fruto son bayas globulares, de color púrpura a negro. Pedicelos fructíferos erectos, que se adhieren a las frutas. (Focho et al, 2002).

S. scabrum es una especie con una amplio rango de altura sobre el nivel del mar para su adaptabilidad ya que según algunos estudios realizados se puede cultivar sin ningún problema a una altura de 300 msnm pero con las precauciones que el riego o la disponibilidad de agua debe ser permanente, en cambio estudios realizados por Keller, G.B. (2004) demuestran que se adapta bien en alturas de 2500 msnm la única limitante que el ciclo del cultivo se puede alargar un poco más en comparación si se planta a una altura más baja. El suelo más conveniente para su plantación es un suelo de textura franco arenosa, no es muy tolerante a suelos arcillosos ya es muy susceptible al encharcamiento, y estos suelos retienen humedad.

Los niveles de acidez alcalinidad en el suelo es igual que el de las demás Solanáceas adaptándose bien a un pH entre 5.5 y 7.0 (Fontem y Schippers 2004).

S. scabrum es muy común en tierra bajas como en tierras altas pero debido a la culturización es mayormente cultivado el sur de Asia y todo África, tiene sus orígenes en la franja forestal de clima húmedo y cálido del este y centro de África. Es probablemente la más importante verdura de hoja indígena dentro del grupo Solanum. Es ampliamente cultivada en todo el continente africano pero los productores a gran escala se encuentran en África Occidental, estos prefieren *S. scabrum* debido al potencial para el cultivo intercalado y cosecha múltiple por ciclo de cultivo, la disponibilidad de las cadenas de comercialización, el control de plagas y los bajos requerimientos de entrada. Uno mas de los aspectos por los cuales es cultivada en países como Kenya el cual produce y exporta, es debido a la alta demanda ya que este se concume como vegetal, sus frutos son utilizados en repostería, pueden ser disecados y conservarse para ulilizarse en la industria culinaria. Los agricultores utilizan un conjunto de características morfológicas como criterios, sobre la base de que ciertos tipos son seleccionados para cultivo (Focho et al, 2002).

3.3 Herbicidas

Según Peterson et al., 2001 Un herbicida es un producto químico que inhibe o interrumpe el crecimiento y desarrollo de una planta. Los herbicidas son usados extensivamente en la agricultura, industria y en zonas urbanas, debido a que si son utilizados adecuadamente proporcionan un control eficiente de maleza a un bajo costo. No obstante, si no son aplicados correctamente los herbicidas pueden causar daños a las plantas cultivadas, al medio ambiente, e incluso a las personas que los aplican. En la agricultura, los herbicidas han sido una herramienta importante para el manejo de maleza por muchos años (Anderson, 1996).

Por otra parte, Pitty (1997), considera que el empleo de herbicidas como método de control de malezas está aumentando de una manera inexplicable; estas aplicaciones pueden clasificarse de acuerdo a la época, área y lugar de aplicación. Las aplicaciones según la época

pueden ser pre emergente al cultivo, a las malezas y pos emergente; según el área de aplicación se clasifica en aplicaciones en bandas o total a toda el área cultivada y según el lugar de aplicación se pueden aplicar al suelo o la planta.

3.3.1 Formulaciones de los herbicidas

Según Sceglio 1980, citado por (Escoto E. 2008) En la formulación de los herbicidas se encuentran tres sustancias importantes para el efecto del mismo; estas puede ser el ingrediente activo que es el responsable de la actividad del producto, los disolventes o diluyentes que son el vehículo del ingrediente activo (pueden ser sólidos o líquidos) y los coadyuvantes que ayudan a mejorar el efecto del ingrediente activo (no son activos por si solos). Pitty (1997) divide las formulaciones en dos grandes grupos; las formulaciones líquidas y sólidas con sus propias subdivisiones.

3.3.1.1 Formulaciones líquidas

Son muy utilizadas en herbicidas, pero “tienen la desventaja que al momento de hacer la mezcla pueden ocurrir derrames y salpicaduras”. Estos derrames son difíciles de evitar y limpiar al compararlo con las formulaciones sólidas. De las formulaciones líquidas más usadas están los líquidos solubles en agua (S o SL), Polvos 12 solubles en agua (WSP o SP), Concentrados emulsificables (E o EC), líquidos dispersables en agua (WDL) y emulsiones invertidas. (Escoto E. 2008)

3.3.1.2 Formulaciones sólidas

Las formulaciones sólidas poseen empaques de plásticos que son solubles en agua y se usan para reducir el riesgo de intoxicación durante la preparación y manejo de estas mezclas. Los más comunes están los polvos mojables (WP), gránulos dispersables en agua (WDG), gránulos (G), y la liberación controlada. (Escoto E. 2008)

3.4 Clasificación de los herbicidas

3.4.1 Época de aplicación

Los herbicidas pueden clasificarse en forma general como pre-emergentes y post-emergentes. Por lo general, los herbicidas pre-emergentes se aplican después de la siembra del cultivo, pero antes de que emerjan las malezas y el cultivo (Anderson, 1996). Los herbicidas postemergentes se aplican después de la emergencia del cultivo y la maleza. En la mayoría de los casos, la aplicación de estos debe realizarse sobre malezas en sus primeros estados de desarrollo cuando son más susceptibles a los herbicidas y su competencia con el cultivo es mínima. Los herbicidas postemergentes pueden ser más económicos para el productor al utilizarse sólo donde se presenta la maleza. (Buhler, 1998).

3.4.2 Selectividad

De acuerdo a su selectividad los herbicidas pueden ser clasificados como: Selectivos, herbicidas que a ciertas dosis, formas y épocas de aplicación eliminan algunas plantas sin dañar significativamente a otras. No selectivos: 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 (Caseley, 1996).

3.4.3 Modo de acción

Por su tipo de acción los herbicidas pueden ser: de contacto, cuando el herbicida solo eliminan las partes de la planta con las que entran en contacto y tienen un transporte limitado dentro de la planta, por lo que se recomiendan para el control de maleza anual. Sistémicos: herbicidas que se aplican al suelo o al follaje y son absorbidos y transportados a toda la planta incluyendo sus raíces y otros órganos subterráneos. Debido a lo anterior, los herbicidas sistémicos son utilizados para el control de maleza perenne (Ross y Lembi, 1985).

3.4.4 Mecanismo de acción

El modo de acción es la secuencia de eventos que ocurren desde la absorción del herbicida hasta la muerte de la planta. Los herbicidas con el mismo modo de acción tienen el mismo comportamiento de absorción y transporte y producen síntomas similares en las plantas tratadas (Gusolus y Curran, 1996). Además la clasificación de los herbicidas según su modo de acción permite predecir, en forma general, su espectro de control de maleza, época de aplicación, selectividad a cultivos y persistencia en el suelo (Ashton y Crafts, 1981). Finalmente este tipo de clasificación permite diseñar los programas de control químico de maleza más eficientes y evitar los posibles efectos negativos del uso de herbicidas como son la residualidad en el suelo, el cambio de especies de maleza y el desarrollo de biotipos de maleza resistentes a herbicidas (Heap, 2000; Regehr y Morishita, 1989).

3.4.4.1 Inhibidores del crecimiento de plántulas

Los herbicidas que actúan inhibiendo el crecimiento de las plántulas, comienzan su acción poco después de la germinación y antes de la emergencia de la plántula, por lo que es común que sus efectos no lleguen a ser visibles, ya que las plantas dañadas no llegan a emerger. Los inhibidores del crecimiento de plántulas tienen muy poca actividad foliar y se aplican en presiembra o preemergencia. Los inhibidores del crecimiento de plántulas se dividen en dos grupos: inhibidores de radículas e inhibidores de brotes (Murphy, 1999).

3.4.4.2 Inhibidores de la síntesis de aminoácidos

Los aminoácidos, son esenciales para la formación de proteínas requeridas para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Los inhibidores de la síntesis de aminoácidos pueden dividirse en inhibidores de aminoácidos ramificados e inhibidores de aminoácidos aromáticos (Nissen et al., 2005).

3.4.4.2.1 Inhibidores de aminoácidos ramificados

El mecanismo de acción de estos herbicidas es la inhibición de la enzima Acetolactato sintasa (ALS) provocando que no se sinteticen los aminoácidos valina, leucina e isoleucina, por lo que la planta no puede producir proteínas y muere. Esta acción desencadena una disturbación total de metabolismo al interrumpir la síntesis proteica e interviene con la síntesis de ADN y el crecimiento celular. Las especies sensibles detienen el crecimiento muy rápido ya que estos trabajan en las zonas meristematicas. En cambio en las especies perennes el herbicida es transportado hasta los órganos subterráneos de almacenamiento. Estos herbicidas son de absorción foliar y radical y son rápidamente transportados por la planta por vía xilema y floema, con acúmulo en las regiones meristematicas, poco tiempo después la planta sufre detención del crecimiento, apareciendo los síntomas primero en las hojas y luego en el resto de la planta hasta morir. (Baumann et al, 1998).

3.4.4.2.2 Inhibidores de aminoácidos aromáticos

En esta sub-clase sólo se presenta el glifosato, herbicida postemergente y no selectivo que no tiene acción en el suelo ya que se adsorbe rápidamente (Nissen *et al.*, 2005). El mecanismo de acción del glifosato es la inhibición de la enzima 5 enol-piruvilshikimato 3-fosfato sintetasa (EPSP, por sus siglas en inglés) en el ciclo metabólico del ácido shikimico y bloquea la producción de los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptofano (Nissen et al., 2005).

3.4.4.3 Destruidores de membranas celulares

Su acción principal es de contacto en postemergencia y son activados al exponerse a la luz para formar compuestos a partir del oxígeno como el oxígeno simple, el radical libre de hidroxilo y el peróxido de hidrógeno. Estos compuestos destruyen las membranas celulares rápidamente y causan la necrosis de los tejidos. Por su mecanismo de acción esta clase de herbicidas pueden dividirse en aceptores de electrones e inhibidores de la enzima protoporfirinogeno oxidasa (PPO oxidasa). En esta clase de herbicidas pueden incluirse los

herbicidas arsenicales orgánicos, pues aunque su mecanismo de acción es desconocido, se reconocen como destructores de membranas celulares y se discutirán separadamente. (Vencill, 2002).

3.4.4.4 Inhibidores de la enzima PPO oxidasa

Estos herbicidas tienen acción foliar y en el suelo y controlan principalmente malas hierbas de hoja ancha. Actúan en forma similar a los bupiridilos pero en forma más lenta ya que requieren de dos a tres días para eliminar a la maleza. Sus síntomas de daño incluyen la clorosis y posterior necrosis de hojas y tallos. Estos herbicidas no son severamente afectados por la textura del suelo y el contenido de materia orgánica, por lo que tienen actividad en el suelo. Su mecanismo de acción es la inhibición de la enzima PPO oxidasa en la biosíntesis de la clorofila lo que origina la formación de oxígeno simple (O_2) que causa la destrucción de las membranas celulares y la muerte de la planta (Kunet et al., 1987).

3.4.4.5 Inhibidores de la fotosíntesis

Estos herbicidas son los que intervienen en los procesos fotosintéticos de la planta y se utilizan principalmente para el control de maleza de hoja ancha pero tienen efectos sobre gramíneas, a la vez pueden clasificarse en herbicidas móviles o sistémicos, que son los que se pueden aplicados al suelo y se transportan en la planta vía xilema y herbicidas inmóviles o de contacto que se aplican al follaje de la planta provocando una clorosis que luego transforma en necrosis (Duke y Dayan, 2001). El mecanismo de acción de los inhibidores de la fotosíntesis es la interrupción del flujo de electrones en el fotosistema II, recordando que la transferencia de electrones del fotosistema II al fotosistema I es esencial para la producción de energía fotosintética.

Una etapa crítica en esta cadena de transferencia de electrones es la reducción de la plastoquinona (PQ) por la proteína D_1 en la membrana del tilacoide. Estos herbicidas se enlazan a la proteína D_1 , con lo que se obstruye el enlace de la PQ. Al inhibirse el enlace de

la PQ con la proteína D₁, el proceso de transferencia fotosintética de electrones se ve interrumpido y la síntesis de ATP y NADPH es afectada. Esto da como resultado una incapacidad para la fijación de CO₂, necesaria para la producción de los carbohidratos indispensables para la sobrevivencia de la planta. La interrupción en la transferencia de electrones causa además un estrés oxidativo por la generación de radicales libres que producen daños celulares rápidamente que provoca la destrucción de la clorofila y los carotenoides, lo que causa la clorosis y provoca la necrosis. Estos herbicidas no previenen la emergencia de la maleza y su acción se manifiesta hasta que las plantas desechan sus cotiledones e inician la fotosíntesis (Vencill, 2002).

3.4.4.6 Inhibidores de la síntesis de lípidos

Los lípidos son ácidos grasos esenciales para mantener la integridad de las membranas celulares y el crecimiento de las plantas. Estos herbicidas actúan sólo sobre gramíneas y su modo de acción es la cesión del crecimiento. El daño de estos herbicidas se concentra en el tejido meristemático también se presenta en órganos vegetativos por lo que los inhibidores de lípidos, son efectivos para el control de zacates perennes. El mecanismo de acción de estos herbicidas es la inhibición de la enzima Acetil Coenzima-a carboxilasa (ACCase) en la síntesis de lípidos. La absorción de estos herbicidas es muy rápida y después de una hora la lluvia no afecta su acción. Requieren de la adición de surfactante para incrementar su absorción por las plantas y deben aplicarse en postemergencia temprana (Walker et al, 1989).

3.5 Herbicidas utilizados

3.5.1 Prowl 50 EC

Es un herbicida de acción sistémica, usado para el control de hoja ancha y ciertas gramíneas en pre-emergencia. El ingrediente activo es pendimetalina, pertenece al grupo químico de las dinitroanilinas. Su mecanismo de acción se basa en la inhibición de la división celular,

por lo que afecta decisivamente a los meristemos de crecimiento del tallo y la raíz, impidiendo la nacencia o el desarrollo de la planta. (FAO, 1996)

3.5.2 Sandea

Este es el nombre comercial de un reciente herbicida pre emergente con acción residual en el suelo, de acción sistémica, su ingrediente activo es Halosulfuron-metil perteneciendo al grupo químico de la Sulfonilurea, su modo de acción en la planta es inhibiendo la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada. Las sulfonilureas se absorben bien a través de las hojas y las raíces, se mueven fácilmente en el apoplasto y el simplasto para acumularse en los meristemos. Controla principalmente Ciperáceas pero si se aumenta la dosis más de lo indicado, se puede lograr un 50% de control de gramíneas y hoja ancha (Caseley, 1996).

3.5.3 Spartan 4 F

Este herbicida es un producto de acción sistémica, pre-emergente de malezas y de cultivo su ingrediente activo es el Sulfentrazone, pertenece a la familia química de las Triazolinonas, su mecanismo de acción consiste en inhibir la enzima PPO oxidasa. Este herbicida tiene acción foliar y en el suelo, controla principalmente malas hierbas de hoja ancha. Requieren de dos a tres días para eliminar a la maleza.

3.5.4 Spartan Charge

Herbicida elaborado con dos ingredientes activos, Sulfentrazone y Carfentrazone-etil, los dos pertenecientes a la familia química de las Triazolinonas, su mecanismo de acción consiste en la destrucción de membranas celulares. Es un herbicida selectivo, de contacto residual en el suelo para el control de malezas hoja ancha generalmente; puede aplicar de en preemergencia de las malezas o bien en post emergencia temprana cuando el cultivo no ha emergido o no ha sido trasplantado (FAO, 1996).

3.5.5 Pursuit

Herbicida compuesto su ingrediente activo es el Imazethapyr, pertenece a la familia de las Imidazolinonas, su modo de acción consiste en inhibir la síntesis de aminoácidos y por secuencia a la vez se interrumpe la síntesis de proteínas lo que conduce a una interferencia en el ADN y el crecimiento celular. Es selectivo, herbicida de postemergencia, controla una amplia variedad de hojas anchas y gramíneas (Heap, 2000).

3.5.6 Basagran

Este herbicida pertenece a la familia de los Benzotiadizoles su principio activo es el Bentazon, es de contacto, su modo de acción en la planta es inhibiendo la fotosíntesis, interrumpiendo el flujo de electrones en el fotosistema II, que provoca la destrucción de la clorofila y los carotenoides, lo que causa la clorosis, y finalmente la planta muere de necrosis; se aplica en postemergencia, es selectivo, controla malezas de hoja ancha (Heap, 2000).

3.5.7 First Rate

Es un herbicida de postemergentes, su principio activo es el Cloransulam, se ubica dentro de la familia de las Triazolopirimidinas, su modo de acción en la planta es inhibiendo la síntesis de aminoácidos ramificados, estos actúan sobre las gramíneas y hojas ancha que los absorben por las hojas y raíces. Es un herbicida sistémico y selectivo para el cultivo de soya (FAO, 1996).

3.5.8 Reflex

Es un herbicida post-emergente, su aplicación es apta en postemergencia de malezas y de cultivos, su ingrediente activo es el Fomesafen perteneciente a la familia de Difenileteres su modo de acción es de contacto y su mecanismo de acción consiste en inhibir la enzima PPO oxidaza, para lograr un control de malezas efectivo se debe de aplicar cuando las malezas

están en crecimiento activo. Este herbicida tiene acción foliar y en el suelo y controlan principalmente malas hierbas de hoja ancha. Actúan en forma similar a los bipiridilos pero en forma más lenta ya que requieren de dos a tres días para eliminar a la maleza. Sus síntomas de daño incluyen la clorosis y posterior necrosis de hojas y tallos. (Gusolus y Curran et al, 1996).

3.5.9 Classic

Herbicida post-emergente, su ingrediente activo es el Clorimuron Etil y pertenece a la familia de las Sulfonilureas. El mecanismo de acción consiste en inhibir los aminoácidos ramificados, actúa sobre gramíneas y hojas anchas siendo absorbido por raíces y hojas. Clorosis y necrosis de los meristemos o puntos de crecimiento son los síntomas de daño causados por este herbicida. Esta clase de herbicidas son utilizados para el control de maleza de hojas anchas y gramíneas en una gran variedad de cultivos. (Devine et al, 1993).

3.5.10 Resource

Herbicida postemergente, con acción de contacto su ingrediente activo es el Flumiclorac, pertenece a la familia química de las N-fenil-ítalimidas. Su mecanismo de acción es la inhibición de la enzima PPO oxidasa en la biosíntesis de la clorofila lo que origina la formación de oxígeno que causa la destrucción de las membranas celulares y la muerte de la planta. Controla malezas de hoja ancha y es selectivo para maíz y soya (Murphy, 1999).

3.5.11 Aim EC

Herbicida post-emergente de acción sistémica y foliar, su ingrediente activo es el Carfentrazone, perteneciente a la familia de las Triazolinas. Su mecanismo de acción consiste en inhibir la síntesis de la enzima PPO oxidaza. Estos herbicidas tienen acción foliar y en el suelo y controlan principalmente malas hierbas de hoja ancha (Kunet et al., 1987).

3.5.12 Matrix SG

Este es un herbicida post-emergente, que pertenece a la familia química de las Sulfonilureas, su ingrediente activo es el Rimsulfuron. Su mecanismo de acción consiste en inhibir la síntesis de aminoácidos ramificados e inhibe la formación de enzimas acetolactato sintetasa. Este herbicida es utilizado para el control de malezas hoja ancha y gramíneas. (Cavanaugh et al., 1998).

3.6 Emplastado

El emplastado es el proceso en el se le brinda cobertura al suelo, mediante la utilización de plástico, el plástico usado en este método es de color negro a gris, de este color para lograr la mayor retención de agua en el suelo. Esta técnica fue creada para realizar control de malezas con mayor efectividad. Según estudios realizados por Dubois (1978) experimentó que con la solarización del suelo obtuvo un control efectivo de organismos patogénicos del suelo y logro la ausencia total de las malezas en el cultivo, esto debido a que la calor generado por el plástico inhibe la viabilidad de las semillas y estas no pueden germinar.

IV. MATERIALES Y METODO

4.1 Experimento en pre-emergencia

4.1.1 Ubicación del experimento

El trabajo de investigación en pre-emergencia se realizó durante el período de tiempo comprendido entre el mes de Junio y Agosto, (época de verano en EUA), en la finca experimental “Meiggs Farm” de la Universidad de Purdue, ubicada en la ciudad de West Lafayette al nor-oeste del estado de Indiana en Estados Unidos de Norte América. El posicionamiento global de la universidad es de una longitud de 86°52” W, y una latitud de 40°21”, su elevación es 213 msnm. Con valores de temperatura media de la zona entre 27-30 grados centígrados en época de verano (Purdue, 2013).

4.1.2 Descripción del experimento

Evaluar la respuesta de los cultivos de Nightshade (*Solanum scabrum*) y Pigweeds (*Amaranthus cruentus*) ante la aplicación de herbicidas pre-emergentes fue el objetivo principal de este experimento, la respuesta ante la aplicación se midió con datos como ser altura de platas, biomasa de cultivos y rendimiento de ambos cultivos.

El experimento se llevó a cabo en el campo, con los cultivos mencionados anteriormente y consistió en la evaluación de cuatro herbicidas de forma individual y tres mezclas de estos (ver cuadro 1), aplicándolos al suelo antes de trasplantar los cultivos y en pre-emergencia de malezas.

4.1.3 Materiales y equipo

Para realizar este experimento fue necesario contar con los cultivos de Nightshade (*Solanum scabrum*) y Pigweed (*Amaranthus cruentus*), un invernadero, cuatro herbicidas pre-emergentes, bomba de mochila, plástico de cobertura, pie de rey, un horno secador, balanza, libreta, lápiz y cámara digital.

4.1.4 Unidad experimental

El experimento de pre-emergencia, estuvo conformado por 36 unidades experimentales por cada cultivo, las cuales fueron camas levantas sobre el suelo a una altura de 0.20 m, con 0.60 m de ancho y una longitud de 4.57 m, lo que proporcionó unidades experimentales de 2.74 m², con una distancia entre camas de 1 m. La distancia entre plantas fue de 30 cm para ambos cultivos, por lo que se obtuvo un total de 15 plantas por unidad experimental en cada cultivo.

4.1.5 Diseño experimental

para este experimento de pre-emergencia en campo se utilizó el diseño en bloques completos al azar (DBCA), debido a que en campo las condiciones ambientales y agronómicas no son las mismas y de esta manera se tiende a reducir el error experimental.

4.1.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico usado en función del DBCA fue:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Variable aleatoria observable

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Variable aleatoria independiente de T y β

r = No de repeticiones k = No de tratamientos

para $i = 1 \dots, k$ y $j = 1 \dots, r$

4.1.7 Tratamientos

En el experimento de pre-emergencia a nivel de campo se evaluaron siete tratamientos herbicidas más dos testigos de los cuales uno es con malezas o control total y otro sin malezas que en este caso es el emplastificado. En este experimento la respuesta de los cultivos ante los diferentes herbicidas fue el factor bajo estudio, lo niveles del factor fueron los diferentes herbicidas utilizados. En el siguiente cuadro se describe cada uno de los tratamientos.

Cuadro 1 Descripción de tratamientos del experimento en pre-emergencia.

Tratamiento	Descripción	Dosis
T1	Control o Testigo	
T2	Prowl	1.16 lt ha ⁻¹
T3	Sandea	0.34 kg ha ⁻¹
T4	Prowl + Sandea	1.16 lt ha ⁻¹ + 0.34 kg ha ⁻¹
T5	Spartan	0.41 kg ha ⁻¹
T6	Spartan Charge	0.52 kg ha ⁻¹
T7	Spartan + Prowl	0.41 kg ha ⁻¹ + 1.16 lt ha ⁻¹
T8	Spartan Charge + Prowl	0.52 kg ha ⁻¹ + 1.16 lt ha ⁻¹
T9	Emplastificado Testigo	

4.1.8 Aplicación de tratamientos

En ambos cultivos los tratamientos fueron aplicados al mismo tiempo (en horas de la mañana para evitar la deriva de producto), el tratamiento emplastificado fue el primero en ser instalado luego los tratamientos químicos, al tercer día después de la aplicación de tratamientos fueron

plantados los dos cultivos, el espacio de tiempo para evitar efecto de toxicidad hacia las plántulas.

4.1.9 Variables a evaluar

4.1.9.1 Altura de planta

Para la medición de esta variable se tomaron 5 plantas al azar del área útil de cada unidad experimental y se midieron desde la base del tallo hasta la inserción de la espiga, con una estadia cuando las plantas estaban completamente desarrolladas. Esta variable se obtuvo a los 60 días después de trasplante y los datos fueron tomados en centímetros.

4.1.9.2 Rendimiento total

Para la obtención de esta variable fue necesario cosechar las flores las cuales a la vez eran las semillas y hojas terminales de cada rama en el caso de *Amaranthus cruentus* y en el caso de *Solanum scabrum* la variable se midió cosechando y pesando las primeras hojas de cada ramificación, las cuales fueron pesados en una balanza y sus pesos se expresaron en kg ha^{-1} . Para ambos cultivos se cosecharon las hojas debido a que son cultivos de hoja.

4.1.9.3 Biomasa del cultivo

La biomasa de los cultivo se midió en términos de materia seca (MS), tomando 5 plantas al azar dentro de cada unidad experimental, luego se llevaron al laboratorio donde con la ayuda de una balanza analítica se obtuvieron su peso fresco en gramos; después se colocaron las muestras en bolsas de papel para llevarlas al horno de secado de muestras agrícolas, donde permanecieron por un período de 72 horas a 65 °C, finalmente se pesaron para coleccionar el peso seco de la muestra, extrapolando los pesos a unidades de biomasa en kilogramos (kg) por hectárea (ha), en función de la densidad del cultivo, este dato se tomó cuando las plantas se encontraban en su etapa final o etapa de cosecha.

La fórmula que se utilizó en ambos cultivos fue:

$$BM(\frac{Kg}{ha}) = \frac{PSde\ 5\ plantas(kg) * \# de plantas/ha}{5(No. Plantas de la muestra)}$$

4.1.9.4 Control de malezas

Este se realizó para medir la efectividad y espectro de acción en el control de malezas de los herbicidas utilizados, clasificando las malezas en ciperáceas, hoja ancha y gramíneas, realizando un inventario de estas previo a la aplicación de los herbicidas, estas fueron contabilizadas utilizando un marco de 30 cm por 30 cm, se tomó a bien tomar esta variable a los 55 días para contabilizar el número total de malezas por metro cuadrado.

4.1.9.5 Análisis estadístico

El análisis de datos que se obtuvieron de las variables se les aplicó un análisis de varianza al 5% (0.05) de significancia para los tratamientos y una prueba de medias de TUKEY a ($p \leq 0.05$) para aquellas que resulten significativas. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico de InfoStat.

4.2 Experimento en post-emergencia

4.2.1 Ubicación del sitio experimental

El experimento en post-emergencia se llevo a cabo durante los meses de Junio y Julio, siendo ubicado en el invernadero del departamento de horticultura de la Universidad de Purdue, en la ciudad de West Lafayette.

4.2.2 Descripción del experimento

Evaluar la selectividad o comportamiento de *Amaranthus cruentus* y *Solanum scabrum* ante la aplicación post-emergente de ocho herbicidas fue la finalidad del experimento, para lo cual las plantas de ambos cultivos fueron sembradas en maseteras individuales para posteriormente ser aplicados los tratamientos en este caso los herbicidas post-emergentes. El tiempo de duración del experimento fue de 35 días después del trasplante a las maseteras, al día 18 después de trasplante a masetera las plantas de ambos cultivos fueron sometidas a la aplicación foliar de los herbicidas, estos fueron aplicados de acuerdo a la edad en que las plantas en campo son afectadas o están en el periodo critico de competencia con las malezas, al día 17 después de la aplicación se realizó la toma de datos correspondientes a las variables a medir.

4.2.3 Materiales y equipo

Para la realización del experimento se contó con los cultivos de Nightshade (*Solanum scabrum*) y Pigweds (*Amaranthus cruentus*), las maseteras, un invernadero, ocho herbicidas post-emergentes, bomba de mochila, pie de rey, un horno secador de muestras, balanza electrónica, lápiz, libreta y cámara digital.

4.2.4 Unidad experimental

Las unidades experimentales de este experimento fueron las plantas en maseteras individuales, contando con nueve tratamientos y cinco repeticiones ó unidades experimentales por cada tratamiento. Se obtuvo un total de 45 unidades experimentales para cada cultivo.

4.2.5 Diseño experimental

En el diseño experimental que se utilizó para realizar el experimento de post-emergencia en invernadero fue el diseño completo alzar (DCA), ya que en este las condiciones bajo invernadero (manejo agronómico) fueron controladas e iguales para todas las unidades experimentales sin distinción.

4.2.6 Modelo estadístico

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

X_{ij} : Variable aleatoria observable

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Efecto del error

r = No de repeticiones k = No de tratamientos

para $i = 1, \dots, k$ y $j = 1, \dots, r$

4.2.7 Tratamientos

Para el experimento de post-emergencia a nivel de invernadero se evaluaron ocho herbicidas mas un testigo, haciendo un total de nueve tratamientos, donde el factor bajo estudio fue la selectividad o respuesta de los cultivos ante la aplicación de los diferentes herbicidas , los

niveles del factor fueron los distintos herbicidas utilizados. En el siguiente cuadro se describen los tratamientos evaluados.

Cuadro 2 Descripción de los tratamientos del experimento en post-emergencia

Tratamiento	Descripción	Dosis
T1	Pursuit	0.28 kg ha ⁻¹
T2	Basagran	2.32 lt ha ⁻¹
T3	First Rate	0.05 kg ha ⁻¹
T4	Matrix	0.14 kg ha ⁻¹
T5	Reflex	1.75 lt ha ⁻¹
T6	Resource	0.55 kg ha ⁻¹
T7	Aim	0.035 kg ha ⁻¹
T8	Classic	0.035 kg ha ⁻¹
T9	Control	

4.2.8 Aplicación de tratamientos

Para la aplicación de los herbicidas fue necesario retirar las plantas del invernadero y asperjar foliarmente cada tratamiento en un área determinada para aplicación de pesticidas, teniendo en cuenta de no poner en contacto las plantas de un tratamiento con las de otro. Fue necesario usar un adherente sufactante, para facilitar la absorción y evitar el lavado ó que se corriera el herbicida en la planta.

4.2.9 Variables a evaluar

4.2.9.1 Porcentaje de daño foliar

El porcentaje de daño foliar causado por el herbicida se midió en términos de porcentaje que va desde 0% hasta 100%, donde 0% indica que no hubo daño alguno y 100% que el daño fue

total en la planta. Para esta variable se realizó una comparación de cada repetición con las repeticiones del testigo o control.

4.2.9.2 Altura de planta

Para la obtención de esta variable se midieron cinco plantas escogidas al azar por cada tratamiento, se midieron desde la base del tallo hasta la inserción de la espiga, en este caso se utilizó una regla de un metro de longitud y los datos fueron tomados en centímetros para ambos cultivos.

4.2.9.3 Biomasa del cultivo

La biomasa de los cultivos se midió en términos de materia seca (MS), se tomaron cinco plantas por tratamiento y luego se llevaron al laboratorio donde con la ayuda de una balanza analítica se obtuvieron su peso fresco en gramos; después se colocaron las muestras en bolsas de papel para llevarlas al horno de secado de muestras agrícolas, donde permanecieron por un período de 72 horas a 65 °C, finalmente se pesaron para coleccionar el peso seco de la muestra, en este caso los datos de la variable fueron obtenidos en gramos.

4.2.9.4 Análisis estadístico

El análisis de datos que se obtuvieron de las variables se les aplicó un análisis de varianza al 5% (0.05) de significancia para los tratamientos y una prueba de medias de TUKEY a ($p \leq 0.05$) para aquellas que resultaron significativas, El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico de InfoStat.

V. DISCUSION Y RESULTADOS

5.1 Experimento en pre-emergencia

En este experimento se tomaron en cuenta los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 como tratamientos herbicidas y el T1 y T9 fueron el testigo absoluto y emplastado respectivamente, en ambos cultivos se aplicaron los mismos tratamientos pero en el caso de *S. scabrum* los tratamientos 5, 6, 7 y 8 resultaron altamente tóxicos para las plantas ya que luego del trasplante las plantas murieron en un lapso de tiempo muy corto, por lo que dichos tratamientos no se incluyen en la discusión y resultados para este cultivo.

5.1.1 Rendimiento en kg ha^{-1}

En el cultivo de *A. cruentus*, según muestran los análisis de varianza realizados y como se puede observar en la figura 1, no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos químicos o herbicidas y el testigo absoluto T1, pero sí hubo diferencia estadística entre el emplastado T9 y el resto de los tratamientos incluyendo el testigo absoluto. Los tratamientos que mostraron el rendimiento más bajo fueron el T2, T3, T4 y T8 con valores de $1228.84 \text{ kg ha}^{-1}$, $933.711 \text{ kg ha}^{-1}$, $825.65 \text{ kg ha}^{-1}$ y $935.46 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente habiendo obtenido rendimientos por debajo del promedio del testigo absoluto T1; los tratamientos 5, 6 y 7 fueron los que mostraron el rendimiento más alto con valores promedios de $1444.95 \text{ kg ha}^{-1}$, $1459.68 \text{ kg ha}^{-1}$ y $1408.23 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente pero sin embargo no lograron superar el rendimiento del tratamiento 9 o emplastado con $3413.79 \text{ kg ha}^{-1}$.

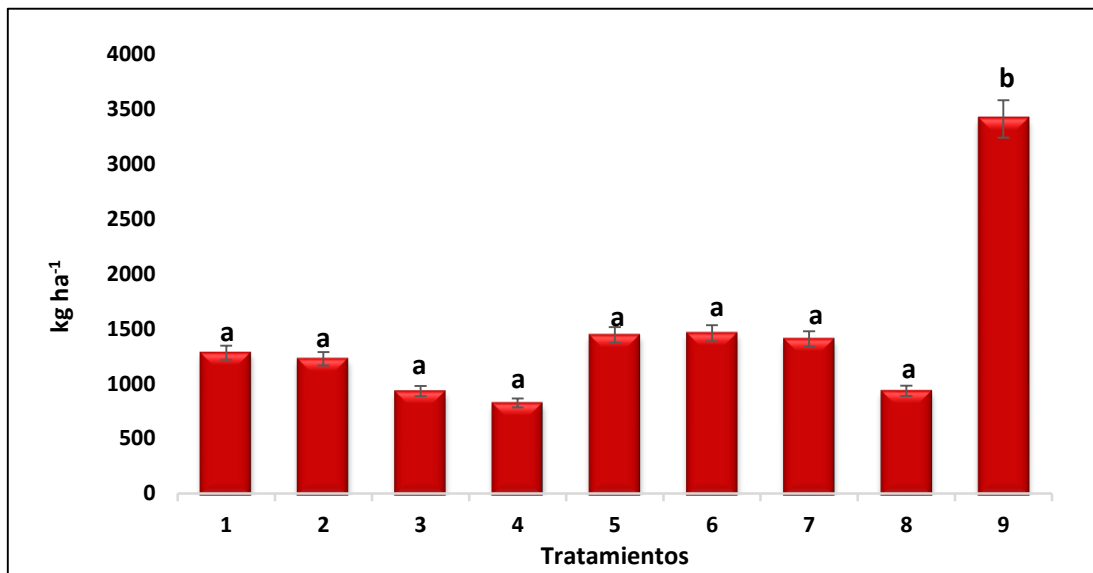


Figura 1. Promedios de rendimiento en kg ha⁻¹ para *A. cruentus*

Por otro lado el cultivo de *Solanum scabrum*. según los análisis de la varianza para la variable rendimiento, se observó que no hubo diferencia estadística significativa entre el tratamiento 3 y el testigo absoluto T1 con valores promedios de 570.57 kg ha⁻¹ y 692.45 kg ha⁻¹ respectivamente, entre el tratamiento 2 y 4 no se encontró diferencia estadística ya que con valores de 1168.82 kg ha⁻¹ y 1003.55 kg ha⁻¹ fueron estadísticamente iguales, a la vez estos fueron los únicos tratamientos que superaron al testigo absoluto. El tratamiento que mostró menores rendimientos fue el T3 siendo este inferior al testigo absoluto. Como se observa en la figura 2, ninguno de los tratamientos logró superar al tratamiento 9 ó emplasticado con 1916.25 kg ha⁻¹, pero el T2 fue el que expresó el mayor promedio para esta variable.

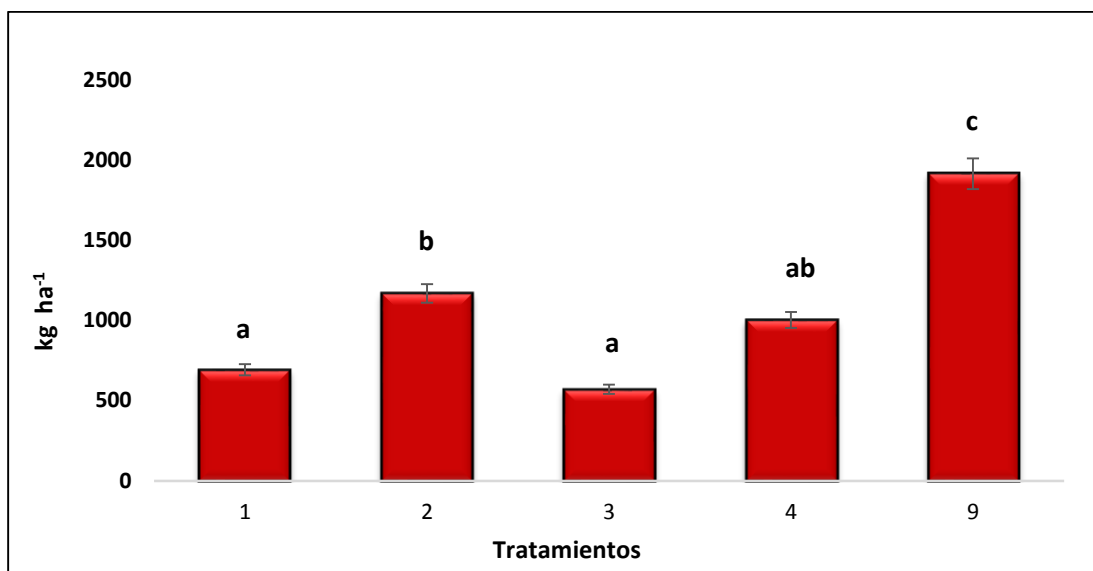


Figura 2. Promedio de rendimiento en kg ha⁻¹ para *S. scabrum*

5.1.2 Altura

La variable altura de plantas para el cultivo de *A. cruentus* mostró diferencia estadística significativa para los tratamientos por lo que se realizó la prueba de medias (ver anexo 13). Como se observa en la figura 3 los rangos de altura van desde 69.40 cm hasta 117.13 cm. De acuerdo con la comparación de medias los tratamientos 2, 7 y 8 resultaron estadísticamente iguales al testigo absoluto T1, entre los tratamientos 3 y 4 no hubo diferencia significativa, mientras que los tratamientos 5 y 6 fueron estadísticamente similares al emplastado T9.

El tratamiento que presentó la mayor altura fue el T5 con 98.38 cm, sucedido por el T6 con 97.44 cm siendo estos superiores al testigo absoluto T1 con 80.25 cm pero la vez estos se comportaron de manera inferior al emplastado T9 con 117.13 cm, el tratamiento que presentó la menor altura fue el tratamiento 3 con 69.40 cm siendo inferior al testigo absoluto al igual que el tratamiento 4 con 69.44 cm.

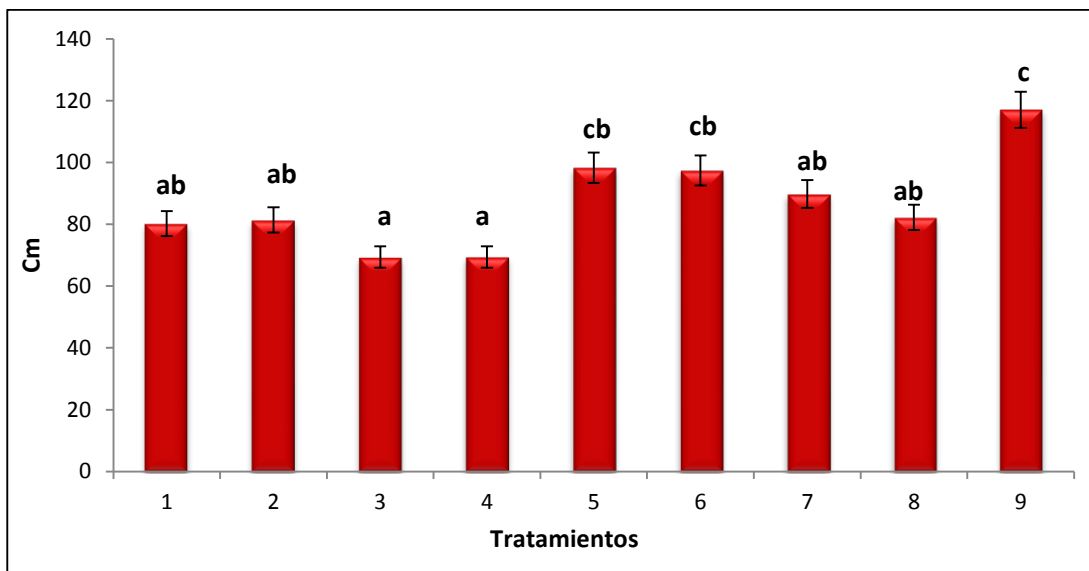


Figura 3. Promedio de altura de plantas para *A. cruentus*

En el cultivo de *S. scabrum* según el análisis de la varianza que se realizó para la variable altura de plantas y según muestra la figura 4, los tratamientos resultaron estadísticamente diferentes y de acuerdo con la comparación de medias realizada los tratamientos se agruparon en dos grupos donde los tratamientos 1, 3 y 4 resultaron estadísticamente iguales, el T2 y T9 fueron estadísticamente similares, estas comparaciones incluyendo tanto el testigo absoluto como el emplastado. El tratamiento 3 con 42.25 cm mostró un promedio inferior al testigo absoluto con 42.63 cm, los tratatimetos 2 y 4 con 53.84 cm y 50.19 cm fueron superiores al T1 pero inferiores al T9 o emplastado con 60 cm. El tratamiento con el mejor promedio fue el 2 y el 3 fue el que mostró el promedio de altura más bajo.

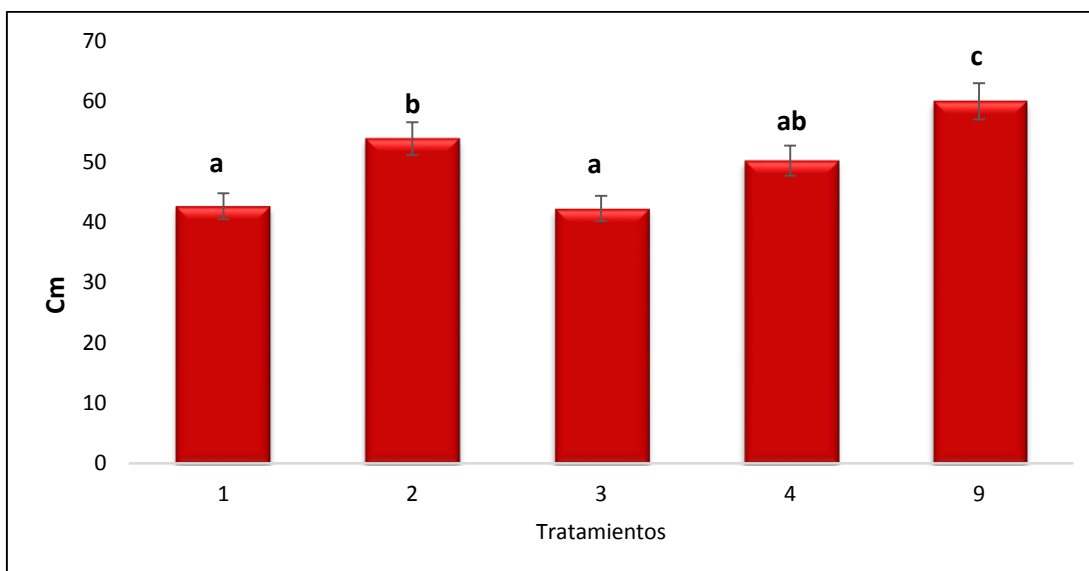


Figura 4. Promedio de altura de plantas para *S. scabrum*

5.1.3 Biomasa

El peso de la materia seca guarda estrecha relación con el rendimiento, ya que una mayor acumulación en el peso seco de la biomasa, es sinónimo de un incremento de la producción en general. (Peralta, 2,000).

En la figura 5 se muestra la variable biomasa para *A. cruentus* donde los tratamientos mostraron diferencia estadística significativa por lo que se procedió a realizar prueba de medias. El tratamiento que mostró los mejores resultados fue el T8 con $5736.02 \text{ kg ha}^{-1}$ siendo estadísticamente igual al emplastado ó T9 con $8701.67 \text{ kg ha}^{-1}$. El tratamiento 3 fue el que mostró menor biomasa con un promedio de $1794.04 \text{ kg ha}^{-1}$ siendo este un valor inferior al testigo absoluto T1 que obtuvo una biomasa de $3075.48 \text{ kg ha}^{-1}$.

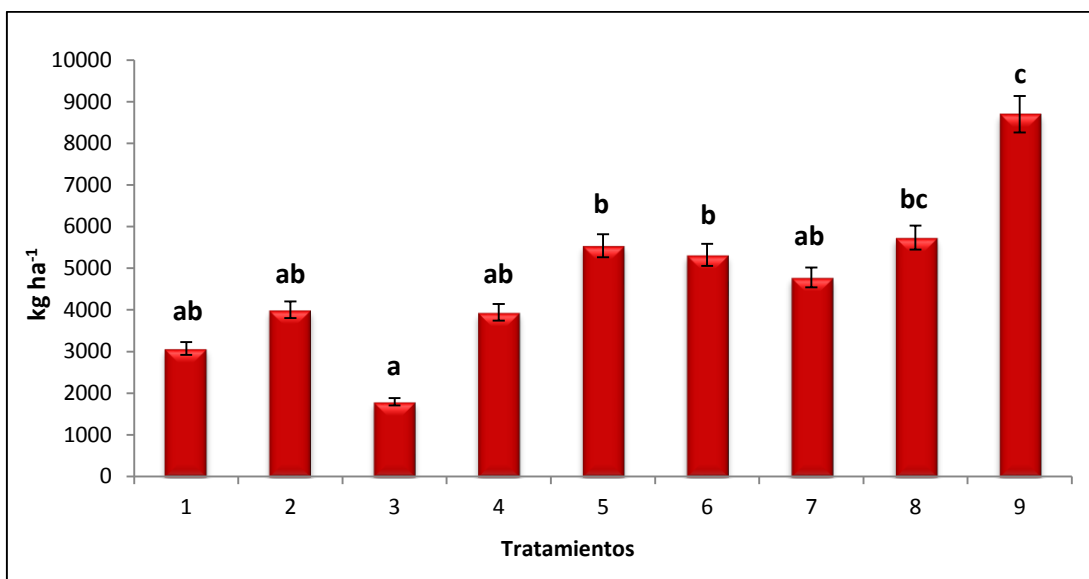


Figura 5. Promedio de biomasa para *A. cruentus* en kg ha⁻¹

Para el cultivo de *S. scabrum* según análisis de variación realizado, el tratamiento 2 fue el que obtuvo la mayor biomasa con 5223.44 kg ha⁻¹ de materia seca, siendo este inferior al emplastado T9 con 5931.29 kg ha⁻¹ pero estadísticamente no hubo diferencia significativa entre ambos. El tratamiento 4 con 4295.91 kg ha⁻¹ se comportó estadísticamente igual al tratamiento 2, mientras que el tratamiento 3 con 1855.05 kg ha⁻¹ fue el que obtuvo la menor biomasa, siendo este inferior al testigo absoluto que con 2001.51 kg ha⁻¹ se comportaron estadísticamente iguales.

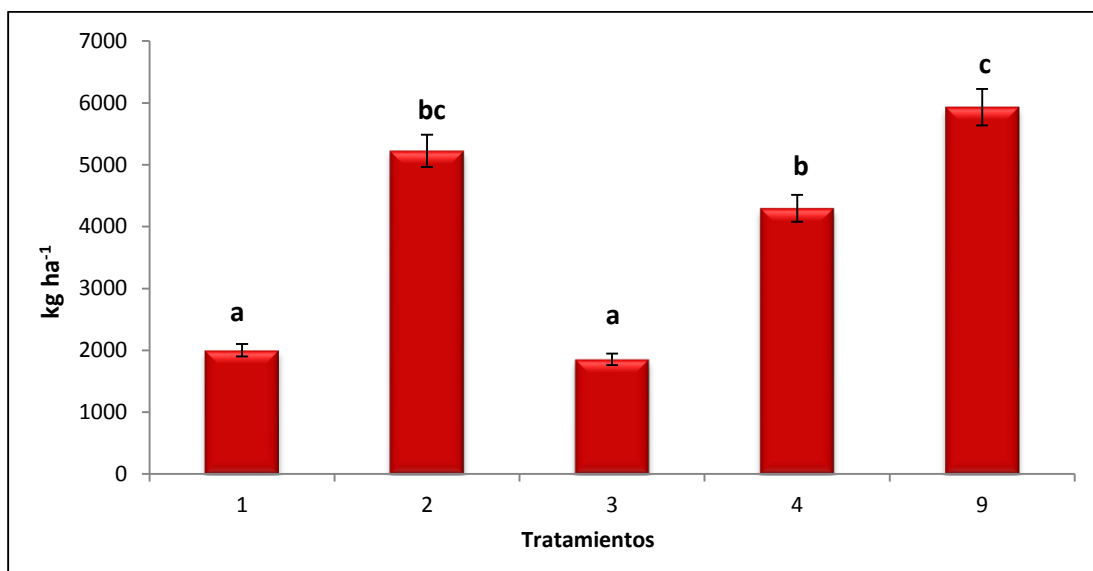


Figura 6. Promedio de biomasa en kg ha⁻¹ para *S. scabrum*

5.1.4 Control de malezas

De acuerdo con la figura 7 los tratamientos 2 y 8 fueron los que realizaron un mejor control de gramíneas mostrando un promedio de presencia de las mismas de 2.78 malezas por m² para ambos tratamientos, por otra parte los tratamientos 7 y 8 fueron los que realizaron el mejor control de malezas hoja ancha con valores promedios de presencia de malezas hoja ancha de 2.78 y 5.56 malezas por m² respectivamente. El testigo absoluto presentó promedios de 183.33 y 338.89 malezas por m² de gramíneas y hoja ancha respectivamente, mientras que el emplastado no presentó maleza alguna para ninguna clasificación. Las malezas ciperáceas no se encuentran distribuidas en esta zona geográfica.

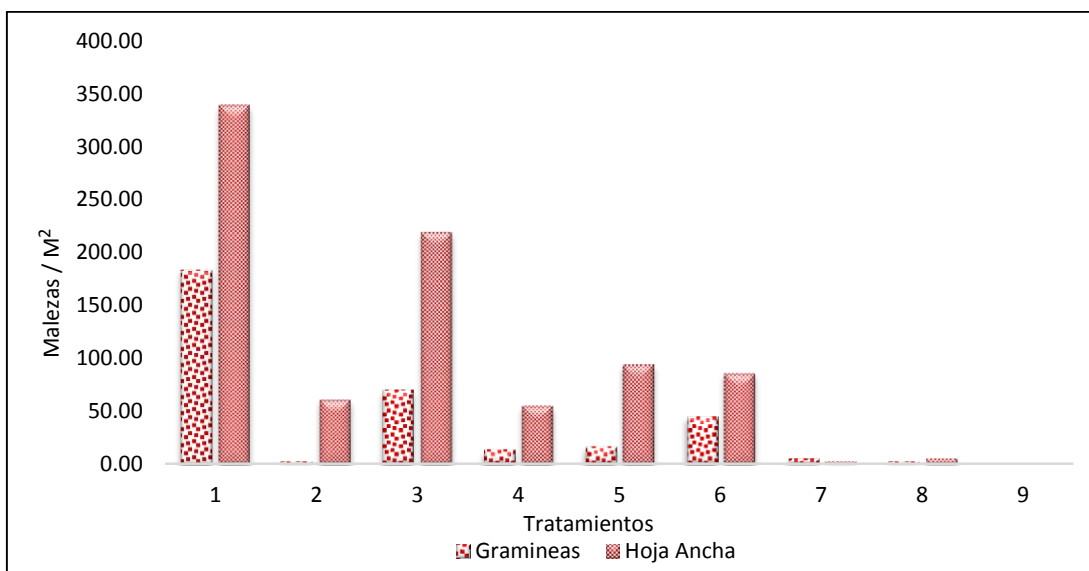


Figura 7. Promedio de control de malezas para ambos cultivos

5.1.5 Análisis económico

Según la compañía Macoglas el precio del rollo de polietileno negro para emplasticar una hectárea es de 8,000 lps; por otro lado según Agrofert S de RL el costo de aplicación del herbicida Spartan (herbicida con mejores resultados en *A. cruentus*) por hectárea es de 1,200 lps, mientras que el costo del Prowl (herbicida con mejores resultados en *S. scabrum*) por hectárea es de 950 lps.

5.2 Experimento en post-emergencia

5.2.1 Porcentaje de daño foliar

La variable porcentaje de daño foliar causado por los tratamientos reflejo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.001$) en el análisis de varianza realizado por lo que fue necesario realizar una prueba de medias de Tukey, esto para ambos cultivos tanto *A. cruentus* y *S. scabrum*.

En el caso de *A. cruentus* como se muestra en la figura 8, el tratamiento que efectuó mayor daño foliar fue el T5 con 86%, a la vez este fue estadísticamente similar al tratamiento 6 con 83%. El tratamiento que presentó menor promedio de daño foliar fue el T3 con un promedio de 3.4% de daño foliar a la vez este fue estadísticamente similar al tratamiento 1 ya que este mostro un promedio de 5.4%, mientras que el testigo no mostró daño foliar.

En el cultivo de *S. scabrum* los tratamientos mostraron una tendecia de daño foliar similar a la de *A. cruentus*. Los tratamientos 5, 6 y 7 no mostraron diferencia estadística significativa de los cuales el tratamiento 5 con 57.2% de daño foliar causado a la planta fue el que mostró el mayor promedio de daño foliar, seguido del T6 y T7 con 53.6% y 53.4% respectivamente. El tratamiento 1 con 5% de daño fue el que causó menor daño foliar y este a su vez resultó estadísticamente similar al testigo T9 que mostró 0% de daño foliar.

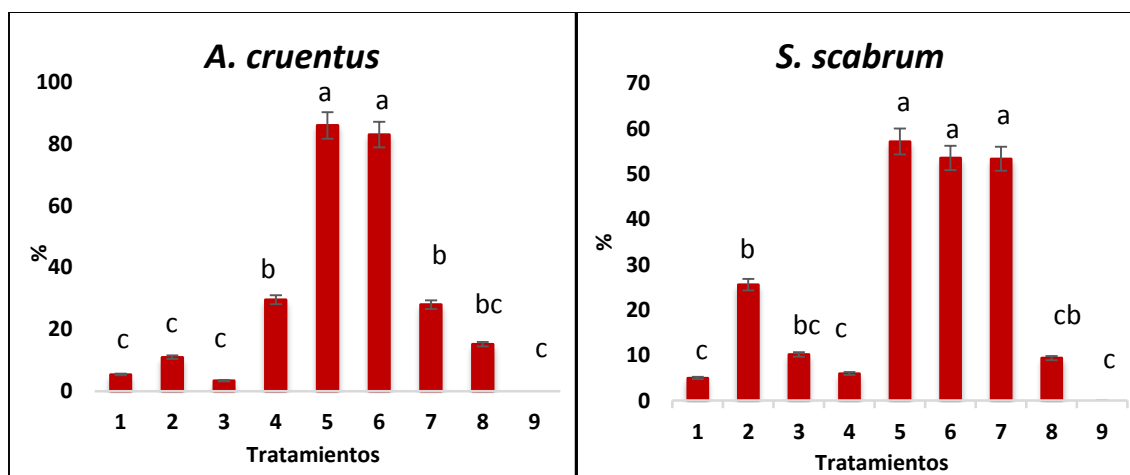


Figura 8. Promedios de daño foliar causado por tratamientos en ambos cultivos

5.2.2 Altura de plantas

Las medias para la altura de planta se muestran en la figura 9, para ambos cultivos los tratamientos presentaron una alta diferencia estadística ($P < 0.001$), por lo que se realizó una prueba de medias entre tratamientos para esta variable.

Para *A. cruentus* el tratamiento 2 presentó el mejor promedio de altura de plantas, con 54.2 cm siendo estadísticamente similar al testigo pero sin superarlo, este resultado esta relacionado con el porcentaje de daño foliar ya que se puede adivinar que a menor daño foliar se presentará una mayor altura y el tratamiento 2 presento uno de los promedios más bajos de daño foliar.

El tratamiento 6 mostro el promedio de altura más bajos con 17.9 cm, esto se debe a la relación proporcional que se da entre daño foliar y altura ya que este tratamiento presentó uno de los valores más bajos de daño foliar (ver figura 8) mientras que el testigo mostró una altura media de 58.8 cm.

En el caso de *S. scabrum*. el tratamiento 3 expresó el mejor resultado de altura de plantas con 36.8 cm, superando al testigo con 34.4 cm. Los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 8 estadísticamente no mostraron diferencia significativa con respecto al testigo, con valores promedios de 26.1 cm, 33.3 cm, 36.8 cm, 33.9 cm, 26.4 cm y 26.8 cm respectivamente para cada tratamiento, mientras que los promedios más bajo de altura fueron presentados por los tratamientos 6 y 7 con 14.9 cm y 12.8 cm estos resultados están vinculados con los porcentajes de daño foliar.

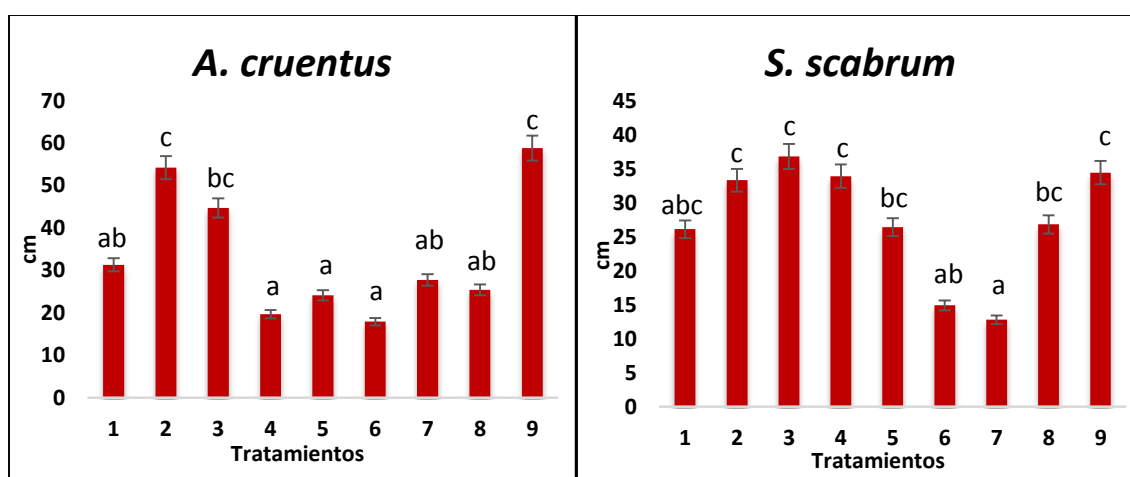


Figura 9. Promedio de altura de plantas por tratamiento en ambos cultivos

5.2.3 Biomasa

En *A. cruentus* el tratamiento 1 presentó el mayor promedio de biomasa con un valor de 6.48 g, superando al testigo con 5.26 g, los tratamientos 2, 3 y 8 presentaron valores estadísticamente iguales al testigo con promedios de 4.51 g, 4.48 g y 4.75 g respectivamente. El tratamiento 5 fue el que presentó menor promedio de biomasa con 1.97 g, a la vez este fue estadísticamente similar con los tratamientos 4, 6 y 7 con valores de 3.76 g, 2.48 g y 3.39 g. (ver anexo 15). Al igual que en la variable daño foliar el tratamiento 5 presentó los promedios más bajos, esto nos dice que la biomasa esta relacionada con el daño foliar que el tratamiento ocasiono en el cultivo

Para *S. scabrum* los tratamientos 1 y 3 con valores promedios de 10.87 g y 11.49 g respectivamente, expresaron resultados de biomasa mayores que el testigo con 9.66 g, esto se debe a que el daño foliar causado por el tratamiento 1 fue el más bajo y la altura proporcionada por el tratamiento 3 fue la mayor y supero el testigo. El tratamiento 5 fue el que expresó los promedios más bajos con 3.66 g, su bajo contenido de biomasa se puede atribuir a que este mismo tratamiento expresó el mayor porcentaje de daño foliar, por tanto a mayor daño foliar la biomasa se reduce.

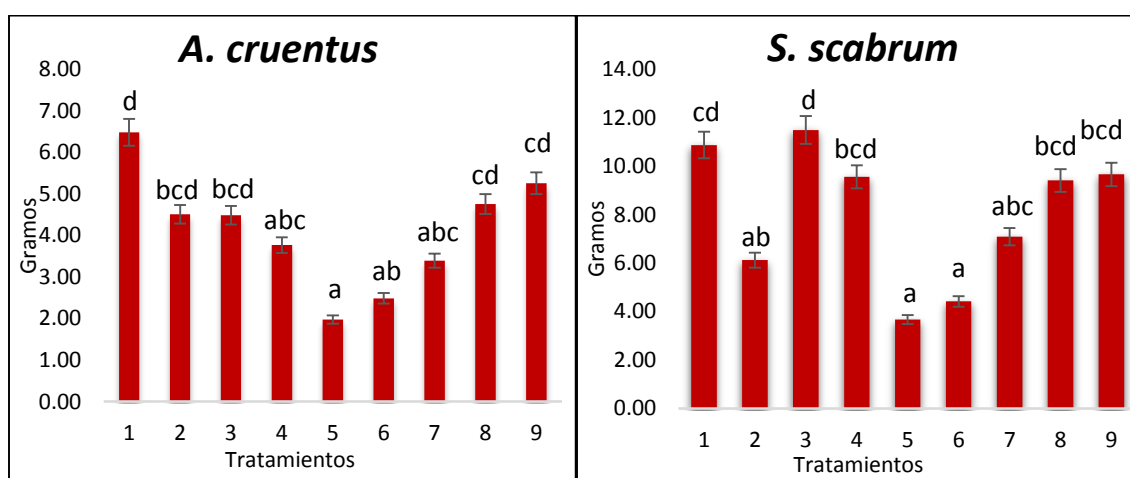


Figura 10. Promedios de biomasa por tratamiento en ambos cultivos

VI. CONCLUSIONES

Pre-emergencia

En ambos cultivos, bajo condiciones ambientales, de campo y de manejo en que se realizó el ensayo, el tratamiento que resultó con mejor control de malezas fue la mezcla de Prowl 50 EC + Spartan Charge.

Tanto en *A. cruentus* como en *S. scabrum* todos los herbicidas causaron daño fitotóxico ya que los resultados que se obtuvieron con los herbicidas fueron inferiores a los del emplastado.

Económicamente la aplicación de productos herbicidas resulta más económica que la utilización del emplastado.

El cultivo de *A. cruentus* expresó su mejor potencial agronómico con el herbicida Spartan Charge, resultados similares fueron expresados por el herbicida Spartan.

Para el cultivo de *S. scabrum* el herbicida Prowl fue el que mostró los mejores resultados en cuanto al potencial agronómico productivo.

Los herbicidas Spartan y Spartan Charge fueron altamente tóxicos para *S. scabrum* ya que provocaron la muerte de las plantas de este cultivo.

Post-emergencia

En el cultivo de *A. cruentus* los herbicidas que causaron menor daño foliar fueron el First Rate con un 3.4 % y Pursuit con 5.4 % de daño del área total.

Las plantas de *A. cruentus* que se les aplicó el herbicida Pursuit fueron las que expresaron el mejor potencial productivo el cual se midió en biomasa.

Los herbicidas First Rate y Pursuit con los mejores resultados de daño foliar y biomasa resultaron selectivos para *A. cruentus*.

Los herbicidas Pursuit con 5% y Matrix con 6% fueron los que causaron menor porcentaje de daño foliar en *S. scabrum*.

Aplicaciones post-emergentes del herbicida First Rate en *S. scabrum* fueron las que lograron que el cultivo expresara el mejor potencial agronómico.

VII. RECOMENDACIONES

Pre-emergentes

Para el cultivo de *A. cruentus* es recomendable utilizar el herbicida Spartan Charge, ya que este fue el que mostró los mejores resultados de rendimiento, al igual que en biomasa y altura.

En el caso de *S. scabrum* cuando se quiere controlar malezas en pre-emergencia se recomienda utilizar el herbicida Prowl ya que con este herbicida el cultivo expresó su mejor potencial agronómico en todas las variables evaluadas.

Se recomienda no realizar aplicaciones de los herbicidas Spartan y Spartan Charge en el cultivo de *S. scabrum*.

Post-emergentes

De los herbicidas que resultaron selectivos en post-emergencia para ambos cultivos se recomienda realizar un experimento en campo para probar su eficiencia y eficacia en cuanto al control de malezas.

Para el cultivo de *A. cruentus* se recomienda realizar aplicaciones post-emergentes del herbicida Pursuit ya que este fue el que mostró el mejor promedio de biomasa y el daño foliar fue muy poco por lo que este herbicida es selectivo para dicho cultivo.

En el cultivo de *S. scabrum* el herbicida First Rate fue el que expresó mejores resultados en términos de biomasa aunque no en porcentaje de daño foliar, pero se recomienda la utilización de este en post-emergencia ya que a mayor biomasa mayor rendimiento.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Akobundu I.O. 1987. Weed Science in the Tropics-Principles and Practices. John Wiley & Sons, Nueva York. 522 pp.

Alström S. 1990. Fundamentals of weed management in hot climate peasant agriculture. Crop Production Science 11, Uppsala, 271 pp.

Anderson, W. P. 1996. Weed Science: Principles. 3rd edition. West Publishing Co., St. Paul, MN. 338 p.

Ashton, F. M. and A. S. Crafts. 1981. Mode of action of herbicides. Wiley-Interscience, New York, NY. 525 p.

Baumann, P. A., P. A. Dotray and E. P. Prostko. 1998. Herbicide mode of action and injury symptomology. Texas Agriculture Extension Service. The Texas A&M University System. SCS-1998-07. 10 p.

Buhler, D.D. 1998. Tillage systems and weed population dynamics and management. pp:223-246. In: J.L. Hatfield, D.D. Buhler and B.A Stewart, eds. Integrated Weed and Soil Management. Ann Arbor Press. Chelsea, MI.

Caseley, J.C. 1996. Herbicidas. In: Labrada, R., J. C. Caseley y C. Parker, eds. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120.

Cavanaugh, K. J., B. R. Durgan, R. K. Zollinger and W. A. Selberg. 1998. Herbicide and nonherbicide injury symptoms on spring wheat and barley. North Dakota Extensión Service. BU-06967. 30 p.

CONABIO. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In Capital Nat. México.

Devine, M. D., S. O. Duke and C. Fedtke 1993. Physiology of Herbicide Action. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ. 441 p.

Dubois, P. 1978. Plastic in Agriculture. App. Sci. Publ. Ltd., London.

Duke, S. O. and F. E. Dayan. 2001. Classification and mode of action of the herbicides. Pp: 31-44. In: Uso de Herbicidas en la Agricultura del Siglo XXI. De Prado, R. y J. V. Jorrín. eds. Servicio de Publicaciones. Universidad de Córdoba, España.

Escoto Valladares, EV. 2008. Alternativas de control químico para malezas en caña de azúcar. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Honduras. C.A.60 p.

FAO. 1996. Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. Disponible en: <http://www.fao.org>

Focho DA, Fontem DA, Berinyuy JE, Schippers RR (2002). Morphological diversity of *Solanum scabrum* accessions in Cameroon. Plant Gen Res Newsl 131:42–48

Fontem DA, Schippers RR (2004) *Solanum scabrum* Mill. In: Grubben GJH, Denton OA (eds) Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables, PROTA Foundation Wageningen/CTAWageningen/ Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, pp 493–498

Gunsolus, J. L. and W. S. Curran. 1996. Herbicide mode of action and injury symptoms. North Central Extension Publication 377. 14 p.

Hass, P.W. y C.S. Kauffman (1984). Grain amaranth: An overview on research and production methods. New Crops Dep., Rodale Res. Ctr., Rodale Press, Emmaus, P. A.

Heap, I. 2000. International Survey of Herbicide-Resistant Weeds. Classification of Herbicides by Mode of Action. www.weedscience.com

Henderson, T.L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Tesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA.

Keller, G.B. (2004). África belladona, berenjena, spiderflower et al. - La producción y el consumo de verduras tradicionales en Tanzania desde el punto de vista del agricultor. MSc tesis de la Universidad George-August, Göttingen.

Koch W. 1989. Principles of weed management (manuscript of a course). Plits 7, 85 p.

Kunert, K., G. Sandmann and P. Boger. 1987. Modes of action of diphenyl ethers.

Labrada R. 1992. Weed Management- a component of IPM. Proceedings, International Workshop "Weed Management of Asia and the Pacific Region", IAST (Taegu, Korea) FAO, Special supplement No.7 pp 5-14.

Mujica, S.A. y A. Quillahuaman. 1989. Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). p. 29-31. En: Curso taller fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Puno, 7-10 agosto. INIA, PICA. Perú.

Murphy, T. R. 1999. Turfgrass herbicide mode of action and environmental fate. The University of Georgia. College of Agriculture and Environmental Sciences. Reviews of Weed Science 3:35-56.

Nissen, S., D. Namuth, e I. Hernández-Ríos. 2005. Introducción a los Inhibidores de la Síntesis de Aminoácidos Aromáticos. Library of Crop Technology Lessons. University of Nebraska, Lincoln.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
<http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0e.htm#TopOfPage>

Parker C. y J. Fryer. 1975. Weed control problems causing major reduction in world food supplies. FAO Plant Protection Bulletin 23 (3/4): 83-95.

Peterson, D. E., C. R. Thompson, D. L. Regehr and K. Al-Khatib. 2001. Herbicide mode of action. Kansas State University. C-715. 24 p.

Pitty, A. 1997. Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de Malezas. Zamorano, HN, Litográfica Comayagüela. 300 p.

Regehr, D. L. and D. W. Morishita. 1989. Questions and answers on managing herbicide resistant weeds. Kansas State University Extension Publication MF-926. 10 p.

Ross, M. A. and C. A. Lembi. 1985. Applied Weed Science. Burgess Publishing Co. Minneapolis, MN. 340 p.

Sceglio, OF. 1980. Herbicidas: el libro del agro. Buenos Aires, AR, Hemisferio sur. 102 p.

Settele J. y M. Braun 1986. Some effects of weed management on insect pests of rice. Plits 4: 83-100.

Sumar, K.L. 1993. La Kiwicha y su cultivo. Centro Bartolomé de la Casas. Cusco, Perú.

Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2a Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el caribe. Santiago, Chile

Transue, D.K., D.J. Fairbanks, L.R. Robinson y W.R. Andersen. 1994. Plant genetic resources. Crop Sci. 34: 1385-1389.

Vencill, W. K. ed. 2002. Herbicide Handbook. Eighth Edition. Weed Science Society of America. Lawrence, KS. 493 p.

Walker, K. A., S. M. Ridley, T. Lewis and J. L. Hardwood. 1989. Action of aryloxy-phenoxy carboxylic acids on lipid metabolism. Reviews of Weed Science 4:71-84.

Webber, E. (1987). Amaranth Grain Production Guide. Rodale Research Center Rodale Press Inc.

www.amaranto.com.mx (Consultado el 5 de Mayo del 2013)

www.cdms.net(Consultado el 16 de Agosto del 2013)

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable rendimiento en *A. cruentus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	36	0.69	0.54	18.85

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	2481.57	11	225.60	4.75	0.0007	*
Tratamiento	2470.13	8	308.77	6.50	0.0002	*
Bloque	11.43	3	3.81	0.08	0.9701	ns
Error	1140.09	24	47.50			
Total	3621.66	35				

**: Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en *A. cruentus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de plantas	36	0.78	0.67	11.76

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	8709.13	11	791.74	7.52	<0.0001	**
Tratamiento	7481.27	8	935.16	8.88	<0.0001	**
Bloque	1227.88	3	409.29	3.89	0.0214	ns
Error	2528.05	24	105.34			
Total	11237.18	35				

**: Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable biomasa en *A. cruentus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de plantas	36	0.77	0.66	26.12

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	122515879.18	11	11137807.20	7.19	<0.0001	**
Tratamiento	121161981.32	8	15145247.67	9.77	<0.0001	**
Bloque	1353897.86	3	451299.29	0.29	0.8314	ns
Error	37202161.98	24	1550090.08			
Total	159718041.17	35				

**: Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento en *S. scabrum*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	20	0.92	0.87	18.84

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	5430605.60	7	775800.80	19.08	<0.0001	**
Tratamiento	941429.58	3	313809.86	7.72	0.0039	*
Bloque	4489176.02	4	1122294.01	27.61	<0.0001	**
Error	487863.87	12	40655.32			
Total	5918469.47	19				

** : Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en *S. scabrum*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de plantas	20	0.79	0.66	9.52

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	985.51	7	140.79	6.27	0.0029	*
Tratamiento	69.62	3	23.21	1.03	0.4126	ns
Bloque	915.89	4	228.97	10.20	0.0008	*
Error	269.46	12	22.45			
Total	1254.97	19				

** : Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable biomasa en *S. scabrum*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de plantas	20	0.95	0.92	12.52

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	55409877.86	7	7915696.84	33.87	<0.0001	**
Tratamiento	157761.54	3	52587.18	0.23	0.8772	ns
Bloque	55252116.32	4	13813029.08	59.10	<0.0001	**
Error	2804460.32	12	233705.03			
Total	58214338.18	19				

** : Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable porcentaje de daño foliar en *A. cruentus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Daño foliar	45	0.95	0.94	27.89

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	43670.40	8	5458.80	83.04	<0.0001	**
Tratamiento	43670.40	8	5458.80	83.04	<0.0001	**
Error	2366.40	36	65.73			
Total	46036.80	44				

** : Altamente significativo * : significativo **ns**:no significativo

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en *A. cruentus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	45	0.74	0.68	28.03

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	9105.86	8	1138.23	12.72	<0.0001	**
Tratamiento	9105.86	8	1138.23	12.72	<0.0001	**
Error	3221.39	36	89.48			
Total	12327.25	44				

** : Altamente significativo * : significativo **ns**:no significativo

Anexo 9 . Análisis de varianza para la variable biomasa en *A. cruentus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa	45	0.65	0.58	25.91

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	77.52	8	9.69	8.50	<0.0001	**
Tratamiento	77.52	8	9.69	8.50	<0.0001	**
Error	41.05	36	1.14			
Total	118.56	44				

** : Altamente significativo * : significativo **ns**:no significativo

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable porcentaje de daño foliar en *S. scabrum*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Daño foliar	45	0.90	0.88	19.04

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	77.26	8	9.66	42.80	<0.0001	**
Tratamiento	77.26	8	9.66	42.80	<0.0001	**
Error	8.12	36	0.23			
Total	85.38	44				

** : Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en *S. scabrum*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	45	0.67	0.59	23.43

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	2933.60	8	366.70	8.98	<0.0001	**
Tratamiento	2933.60	8	366.70	8.98	<0.0001	**
Error	1469.70	36	40.83			
Total	4403.30	44				

** : Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 12. Análisis de varianza para la variable biomasa en *S. scabrum*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa	45	0.73	0.67	22.61

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	317.95	8	39.74	12.06	<0.0001	**
Tratamiento	317.95	8	39.74	12.06	<0.0001	**
Error	118.64	36				
Total	436.59	44				

** : Altamente significativo * : significativo ns: no significativo

Anexo 13. Prueba de medias con Test de Tukey para *A. cruentus* en pre-emergencia

Tratamiento	<i>A. cruentus</i>		
	Rendimiento (Kg/Ha)	Altura (cm)	Biomasa (Kg/Ha)
1	1282.18 a	80.25 ab	3075.48 ab
2	1228.84 a	81.44 ab	4003.01 ab
3	933.71 a	69.40 a	1794.04 a
4	825.65 a	69.44 a	3941.99 ab
5	1444.95 a	98.38 bc	5540.75 b
6	1459.68 a	97.44 bc	5321.07 b
7	1408.23 a	89.81 ab	4778.44 ab
8	935.46 a	82.25 ab	5736.02 bc
9	3413.79 b	117.13 c	8701.67 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Anexo 14. Prueba de medias con Test de Tukey para *S. scabrum* en pre-emergencia

Tratamiento	<i>S. scabrum</i>		
	Rendimiento (Kg/Ha)	Altura (cm)	Biomasa (Kg/Ha)
1	692.45 a	42.63 a	2001.51 a
2	1168.82 b	53.84 b	5223.44 bc
3	570.57 a	42.25 a	1855.05 a
4	1003.55 ab	50.19 ab	4295.91 b
9	1916.25 c	60.00 b	5931.29 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Anexo 15. Prueba de medias con Test de Tukey para *A. cruentus*. en post-emergencia

Tratamiento	<i>A. cruentus</i>		
	Daño Foliar %	Altura (cm)	Biomasa (g)
1	5.4 c	31.3 ab	6.48 d
2	11 c	54.2 c	4.51 bcd
3	3.4 c	44.7 bc	4.48 bcd
4	29.6 b	19.63 a	3.76 abc
5	86 a	24.1 a	1.97 a
6	83 a	17.9 a	2.48 ab
7	28 b	27.74 ab	3.39 abc
8	15.2 bc	25.4 ab	4.75 cd
9	0 c	58.8 c	5.26 cd

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Anexo 16. Prueba de medias con Test de Tukey para *S. scabrum*. en post-emergencia

Tratamiento	<i>S. scabrum</i>		
	Daño Foliar %	Altura (cm)	Biomasa (g)
1	5 c	26.1 abc	10.87 cd
2	25.6 b	33.3 c	6.12 ab
3	10.2 bc	36.8 c	11.49 d
4	6 c	33.9 c	9.56 bcd
5	57.2 a	26.4 bc	3.66 a
6	53.6 a	14.9 ab	4.42 a
7	53.4 a	12.8 a	7.09 abc
8	9.4 cb	26.8 bc	9.41 bcd
9	0 c	34.4 c	9.66 bcd

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Anexo 17. Resumen descriptivo de los herbicidas utilizados

No.	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Familia	Modo de Acción	Aplicacion	Efecto	Malezas que Controla
1	Prowl 50 EC	Pendimetalina	Dinitroanilinas	Sistémica	Pre-emergente	Inhibe la división celular	Gramineas y Hoja Ancha
2	Sandea	Halosulfuron-metil	Sulfonilurea	Sistémica	Pre-emergente	Inhibe la síntesis de aminoácidos	Ciperaceas
3	Spartan 4 F	Sulfentrazone	Triazolinonas	Sistémica	Pre-emergente	Inhibición de la enzima PPO oxidaza	Hoja Ancha
4	Spartan Charge	Sulfentrazone y Carfentrazone-etil	Triazolinonas	Sistémica	Pre-emergente	Destrucción de membranas celulares	Hoja Ancha
5	Pursuit	Imazethapyr	Imidazolinonas	Sistémica	Post-emergente	Inhibe la síntesis de aminoácidos	Gramineas y Hoja Ancha
6	Basagran	Bentazon	Benzotiadizoles	Contacto	Post-emergente	Inhibe la fotosíntesis	Hojas Ancha
7	Firstate	Cloransulam	Triazolopirimidinas	Sistémica	Post-emergente	Inhibe la síntesis de aminoácidos	Gramineas
8	Réflex	Fomesafen	Difenileteres	Contacto	Post-emergente	Inhibición de la enzima PPO oxidaza	Hojas Ancha
9	Resource	Flumiclorac	N-fenil-ítalimidas.	Contacto	Post	Inhibe la enzima PPO	Hoja Ancha
10	Classic	Clorimuron Etil	Sulfonilurea	Sistémica	Post-emergente	Inhibe la síntesis de aminoácidos ramificados	Hoja Ancha
11	Aim EC	Carfentrazone	Triazolinas	Sistémica	Post-emergente	Inhibe la síntesis de la enzima PPO oxidaza	Hoja Ancha
12	Matrix SG	Rimsulfuron	Sulfonilurea	Sistémica	Post-emergente	Inhibe la síntesis de aminoácidos ramificados y la formación de enzimas acetolactosintetasa	Gramineas y Hoja Ancha

Anexo 18. Cultivo de *Amaranthus cruentus*



Anexo 19. Cultivo de *Solanum scabrum*

