



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÍCOLA**

MODALIDAD:

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**PRESENCIA DE MALEZAS RESISTENTES A HERBICIDAS EN EL
CULTIVO DE *Oryza sativa* L., EN TRES CANTONES DE MANABÍ**

AUTORES:

**JOSÉ RAMÓN MACÍAS BRAVO
CARLOS ANTONIO SALVATIERRA CEDEÑO**

TUTOR:

ING. JAVIER MENDOZA VARGAS, MG.

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

JOSÉ RAMÓN MACÍAS BRAVO y CARLOS ANTONIO SALVATIERRA CEDEÑO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....
JOSÉ R. MACÍAS BRAVO

.....
CARLOS A. SALVATIERRA CEDEÑO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. JOSÉ JAVIER MENDOZA VARGAS certifica haber tutelado el proyecto **PRESENCIA DE MALEZAS RESISTENTES A HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE *Oryza sativa* L., EN TRES CANTONES DE MANABÍ**, que ha sido desarrollada por **JOSÉ RAMÓN MACÍAS BRAVO Y CARLOS ANTONIO SALVATIERRA CEDEÑO**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. JOSÉ JAVIER MENDOZA VARGAS, MG.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **PRESENCIA DE MALEZAS RESISTENTES A HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE *Oryza sativa* L. EN TRES CANTONES DE MANABÍ**, que ha sido propuesta, desarrollada por **JOSÉ RAMÓN MACÍAS BRAVO Y CARLOS ANTONIO SALVATIERRA CEDEÑO**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. ÁNGEL F. CEDEÑO SACÓN, MG.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
ING. FREDDY MESÍAS GALLO, MG.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, MG.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por darme la vida y mucha sabiduría para enfrentar los retos y culminar con éxitos mis metas.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad, especialmente a la Carrera de Ingeniería Agrícola y a cada uno de los catedráticos que en el transcurso de nuestro paso estudiantil nos guiaron y brindaron su apoyo incondicional.

Al Ing. Javier Mendoza Vargas, por el apoyo brindado en la realización de esta investigación.

A mi compañero de tesis, por su exitosa colaboración, paciencia e intelecto para concluir nuestro proyecto.

A los señores Ingenieros miembro del tribunal de tesis, por ser parte del análisis y colaboración en este trabajo.

A mis padres, por su apoyo moral y económico que permitieron el éxito de este trabajo de tesis.

Y a todas las personas que directa o indirectamente influyeron en la realización de este proyecto.

JOSÉ R. MACÍAS BRAVO

AGRADECIMIENTO

El camino no ha sido fácil, pero la experiencia que he ganado es invaluable. Con muchos sentimientos encontrados, hago extensos mi agradecimiento sincero a Dios porque sin él nada de esto hubiera sido posible, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido el soporte y compañía las mismas que fomentaron el amor, dedicación, perseverancia a las cosas que realice a lo largo de todo mi periodo de estudio.

Agradezco hoy y siempre a todas las autoridades de la ESPAM “MFL” de manera especial a los maestros de la Carrera de Ingeniería Agrícola a quienes les debo una gran parte de mis conocimientos, gracias por seguir preparándonos para un futuro competitivo no solo como los mejores profesionales sino formándonos como personas de bien.

A nuestro tutor Ing. José Javier Mendoza Vargas por ser nuestra guía en este Trabajo de Titulación y por poder llegar con éxito a la culminación del mismo.

De manera muy especial quiero agradecer a todos los pequeños productores de arroz de los cantones Tosagua, Rocafuerte y Sucre que nos han brindado su apoyo y facilidades para la realización de esta tesis para llevar a efecto la misma de una manera exitosa.

CARLOS A. SALVATIERRA CEDEÑO

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, buena salud y las fuerzas necesarias para lograr mis más anhelados sueños.

Con mucho Cariño y amor a mis padres; José Macías Buste y Carmen Bravo Macías, dos seres maravillosos por apoyarme y guiarme en el transcurso de mi vida e impulsarme a conseguir logros importantes en ella.

A mis hermanos por permitir que mis metas se cumplan, y sea su ejemplo a seguir.

A mis abuelos por sus sabios consejos en aquellas veces que los desafíos parecían ser mayores que mis fuerzas para continuar y poder culminar este capítulo de mi vida.

Y de manera especial a mi esposa Melida Dolores Bravo Basurto, que siempre confió en mis sueños y al resto de personas, las cuales han sido la inspiración de mi vida.

JOSÉ R. MACÍAS BRAVO

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, y por ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis abuelitos Orlando y Emelina por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. A mis padres Sr. Diógenes Salvatierra y Sra. Lourdes Cedeño por darme la vida y por enseñarme a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis hermanas y hermano: Diana, Darwin y Cindy por ser quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica.

Y de manera especial a un ser maravilloso que siempre creyó en mí y que está conmigo apoyándome incondicionalmente en todo momento y esa persona es mi querida esposa Lcda. María Cristina García Espinales mi amiga, mi consejera, compañera inseparable de cada jornada quien representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. Gracias mi amor por su apoyo ilimitado en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y enseñarme que siempre hay una luz al final del camino.

Gracias a todos ustedes por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

CARLOS A. SALVATIERRA CEDEÑO

CONTENIDO GENERAL

| | |
|--|------|
| DERECHOS DE AUTORÍA..... | ii |
| CERTIFICACIÓN DE TUTOR..... | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL..... | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| DEDICATORIA | vii |
| DEDICATORIA | viii |
| CONTENIDO GENERAL | ix |
| CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS..... | xii |
| RESUMEN..... | xiii |
| ABSTRACT..... | xiv |
| CAPITULO I. ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 1.3. OBJETIVOS | 3 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 3 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 3 |
| 1.4. HIPÓTESIS..... | 3 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1. ORIGEN E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L)..... | 4 |
| 2.2. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ EN EL ECUADOR | 4 |
| 2.3. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DE ARROZ | 5 |
| 2.4. MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ..... | 5 |
| 2.5. CARACTERÍSTICAS DE <i>Leptochloa uninervis</i> | 7 |
| 2.6. RESISTENCIA DE LAS MALEZAS A HERBICIDAS..... | 8 |
| 2.7. HISTORIA DE LA RESISTENCIA DE LAS MALEZAS A LOS HERBICIDAS... | 9 |
| 2.8. HERBICIDAS USADOS EN ARROZ | 10 |
| 2.8.1. HERBICIDAS INHIBIDORES DE ALS..... | 11 |
| 2.8.2. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA ENZIMA ACCasa..... | 12 |

| | |
|---|----|
| 2.8.3. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA FOTOSÍNTESIS | 12 |
| 2.8.4. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA PROTOPORFIRINÓGENO OXIDASA (PPO) 13 | |
| 2.8.5. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA FORMACIÓN DE MICROTÚBULOS . | 14 |
| 2.8.6. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE ÁCIDOS GRASOS DE CADENA LARGA..... | 14 |
| 2.8.7. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE LÍPIDOS (no ACC-asa) | 14 |
| CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO..... | 16 |
| 3.1. UBICACIÓN | 16 |
| 3.2. PRIMERA ETAPA | 16 |
| 3.3. SEGUNDA ETAPA..... | 17 |
| 3.4. TERCERA ETAPA..... | 18 |
| 3.4.1. FACTORES Y NIVELES EN ESTUDIO..... | 18 |
| 3.4.2. TRATAMIENTOS | 19 |
| 3.4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL | 20 |
| 3.4.4. VARIABLES RESPUESTA..... | 20 |
| 3.4.5. ANALISIS DE DATOS | 21 |
| 3.4.6. UNIDAD EXPERIMENTAL | 21 |
| CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 22 |
| 4.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ, EN LOS CANTONES TOSAGUA, ROCAFUERTE Y SUCRE..... | 22 |
| 4.1.1. CANTÓN SUCRE..... | 22 |
| 4.1.2. CANTÓN ROCAFUERTE..... | 23 |
| 4.1.3. CANTÓN TOSAGUA..... | 24 |
| 4.2. IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS CON POSIBLE RESISTENCIA EN EL CULTIVO DE ARROZ EN LOS CANTONES TOSAGUA, ROCAFUERTE Y SUCRE. | |

| | |
|--|----|
| 4.3. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LAS MALEZAS IDENTIFICADAS, CON HERBICIDAS POST-EMERGENTES SELECTIVOS EN EL CULTIVO DE ARROZ EN LOS CANTONES TOSAGUA, ROCAFUERTE Y SUCRE. | 28 |
| 4.3.1. ALTURA DE MALEZA | 28 |
| 4.3.2. PESO FRESCO TOTAL | 29 |
| 4.3.3. PESO SECO TOTAL | 30 |
| 4.3.4. TOXICIDAD (ESCALA ALAM) | 30 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 33 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 33 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 33 |
| BIBLIOGRAFÍA | 33 |
| ANEXOS | 34 |

CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas:

| | |
|---|----|
| TABLA 1. MALEZAS ASOCIADAS AL CULTIVO DE ARROZ (ORYZA SATIVA)..... | 7 |
| TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS HERBICIDAS EN ESTUDIO..... | 18 |
| TABLA 3. COMBINACIÓN DE LAS DIFERENTES DOSIS Y LOTES EN EL CANTÓN SUCRE..... | 19 |
| TABLA 4. NÚMERO DE MALEZAS RECOLECTADAS..... | 25 |
| TABLA 5. COMPORTAMIENTO DE LA ALTURA DE MALEZAS EN RELACIÓN CON LAS DIFERENTES DOSIS DE CYHALAFOP BUTYL A LOS 7, 14 Y 21 DDA..... | 29 |
| TABLA 6. RELACIÓN DEL PESO FRESCO CON LAS DIFERENTES DOSIS DE CYHALAFOP BUTYL A LOS 7, 14 Y 21 DDA..... | 29 |
| TABLA 7. RELACIÓN DEL PESO SECO TOTAL CON LAS DIFERENTES DOSIS DE CYHALAFOP BUTYL A LOS 7, 14 Y 21 DDA..... | 30 |
| TABLA 8. TOXICIDAD DETERMINADA SEGÚN ESCALA VISUAL DE ALAM SOBRE LAS MALEZAS LEPTOCHLOA UNINERVIA L. A DIFERENTES DOSIS DE CYHALAFOP BUTYL A LOS 7, 14 Y 21 DDA..... | 31 |

Figuras:

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. SEMILLAS DE PAJA BLANCA <i>LEPTOCHLOA UNINERVIA</i> (J. PRESL) HITCHC. & CHASE..... | 8 |
| FIGURA 2. BIOTIPOS DE MALEZAS RESISTENTES DETECTADOS POR FAMILIA DE HERBICIDAS..... | 10 |
| FIGURA 3. PRODUCTORES CON PROBLEMAS DE MALEZAS EN EL CANTÓN SUCRE..... | 22 |
| FIGURA 4. TIPOS DE HERBICIDAS USADOS POR LOS PRODUCTORES EN EL CANTÓN SUCRE..... | 23 |
| FIGURA 5. PRODUCTORES CON PROBLEMAS DE MALEZAS EN EL CANTÓN ROCAFUERTE..... | 23 |
| FIGURA 6. TIPOS DE HERBICIDAS USADOS POR LOS PRODUCTORES EN EL CANTÓN ROCAFUERTE..... | 24 |
| FIGURA 7. PRODUCTORES CON PROBLEMAS DE MALEZAS EN EL CANTÓN TOSAGUA..... | 24 |
| FIGURA 8. TIPOS DE HERBICIDAS USADOS POR LOS PRODUCTORES EN EL CANTÓN TOSAGUA..... | 25 |
| FIGURA 9. EFECTOS DEL HERBICIDA INHIBIDOR DE LA ACCASA (CYHALOFOP BUTYL) EN LA POBLACIÓN DE <i>LEPTOCHLOA UNINERVIA</i> L. Y <i>ECHINOCHLOA CRUS-GALLI</i> A LOS 7 DDA..... | 26 |
| FIGURA 10. EFECTOS DEL HERBICIDA INHIBIDOR DE LA ALS (PENOXULAM) EN LA POBLACIÓN DE <i>LEPTOCHLOA UNINERVIA</i> L. Y <i>ECHINOCHLOA CRUS-GALLI</i> L. A LOS 7DDA..... | 27 |
| FIGURA 11. EFECTOS DEL HERBICIDA INHIBIDOR DE LA ACCASA (CYHALOFOP BUTYL) EN LA POBLACIÓN DE <i>LEPTOCHLOA UNINERVIA</i> L. Y <i>ECHINOCHLOA CRUZ-GALLI</i> A LOS 14 DDA..... | 27 |
| FIGURA 12. EFECTOS DEL HERBICIDA INHIBIDOR DE LA ALS (PENOXULAM) EN LA POBLACIÓN DE <i>LEPTOCHLOA UNINERVIA</i> L. Y <i>ECHINOCHLOA CRUSS-GALLI</i> L. A LOS 14 DDA..... | 28 |

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en Manabí en los cantones Tosagua, Rocafuerte y Sucre, en la época de verano 2019. Los objetivos específicos planteados fueron: Diagnóstico de la situación actual del control de malezas en el cultivo de arroz, identificación de la presencia de malezas con posible resistencia a herbicidas y verificación de la resistencia de las malezas identificadas, con herbicidas post-emergentes selectivos. La metodología de la presente investigación se desarrolló en tres etapas: La primera consistió en aplicar una encuesta de la FAO modificada para efectuar el diagnóstico y determinar la situación actual del control de maleza. La segunda etapa estuvo direccionada a identificar malezas con posible resistencia a herbicida. Y la tercera, consistió en verificar a través del ensayo dosis-respuesta la resistencia de las malezas identificadas, sembrando 20 semillas de *Leptochloa uninervia* L. en macetas para posteriormente aplicar las siete dosis Cyhalofop butyl cuando las malezas presentaron dos a tres hojas. En los resultados se destaca que las principales malezas presentes en los lotes de arroz son *Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa crus-galli* L., para lo cual los productores realizan control hasta los treinta días después del trasplante con herbicidas post emergentes selectivos. Estas malezas a nivel de lotes evidenciaron resistencia, ya que la dosis comercial no causo muerte de acuerdo a la escala de ALAM. En el experimento dosis respuesta se verificó que la *Leptochloa uninervia* L., no es resistente, siendo susceptible a la dosis comercial de Cyhalofop butyl en los cantones Tosagua, Rocafuerte y Sucre.

Palabras Claves:

Resistencia, Malezas, Herbicida, Dosis Respuesta.

ABSTRACT

This work was carried out in Manabí, in Tosagua, Rocafuerte and Sucre cantons, during the summer season 2019. The specific objectives set were: diagnosis of the current weed control situation in rice cultivation, identification of the presence of weeds with possible herbicide resistance and verification of the weed resistance identified, with selective post-emergent herbicides. The methodology of this research was developed in three stages: The first was to apply a modified FAO survey to carry out the diagnosis and determine the current weed control situation. The second stage was aimed at identifying weeds with possible herbicide resistance. And the third, was to verify through the dose-response test the resistance of the weeds identified, sowing 20 seeds of *Leptochloa uninervia* L. in pots to subsequently apply the seven doses *Cyhalofop butyl* when the weeds presented two to three leaves. The results highlight that the main weeds present in the rice batches are *Leptochloa uninervia* L. and *Echinochloa crus-galli* L., for which the producers carry out control until thirty days after transplantation with selective post-emergent herbicides. These weeds at the batch level showed resistance, since the commercial dose did not cause death according to the ALAM scale. In the dose response experiment, it was verified that *Leptochloa uninervia* L. is not resistant, being susceptible to the commercial dose of *Cyhalofop butyl* in Tosagua, Rocafuerte and Sucre cantons.

Key Words:

Resistance, Weeds, Herbicide, Dose Response.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las condiciones de alta humedad y temperatura en que se produce el arroz de temporal son propicias para la presencia y el desarrollo de grandes poblaciones de malezas, que si no son controladas oportuna y eficientemente, pueden reducir de 30 a 50% el rendimiento de grano, y en casos extremos ocasionar la pérdida total de la cosecha. Las malezas más importantes en el cultivo de arroz de temporal, son las gramíneas anuales (Esqueda y Tosquy, 2009).

Según Taberner y Cirujeda (2007), el número de casos de especies de malezas resistentes a herbicidas ha aumentado considerablemente en las últimas décadas a nivel mundial. Sin embargo, aun siendo un problema ya conocido, se observa que los agricultores en muchos países detectan el problema de ineficacia del herbicida sobre la maleza cuando ya la resistencia es un hecho real.

En el cultivo de arroz en América Latina se han realizado investigaciones sobre las malezas resistentes a herbicidas. Según Torres y Ortiz (2017), en Venezuela actualmente la paja rugosa (*Ischaemum rugosum* Salisb) es una maleza difícil de controlar en los arrozales, desplazando así en importancia a los zacates (*Echinochloa colona* L.), mientras que Esqueda y Tosquy (2013), mencionan que el uso continuo del propanil, en algunas áreas arroceras de México ha provocado el desarrollo de biotipos de zacate resistentes a este herbicida tal como el pata de pichichi (*Echinochloa colona* L.), principal maleza de este cultivo, que ha traído como consecuencia que se tenga que aplicar en dosis muy elevadas.

En Ecuador se han desarrollado trabajos en la provincia del Guayas y los Ríos, según Romero (2015), el cultivo de arroz es afectado por un complejo de malezas y entre ellas especies del género *Leptochloa spp.*, cuyo manejo se ha hecho difícil en ciertas plantaciones debido a que los herbicidas cyhalophop-butil y fenoxaprop-p-etil no tienen el efecto de control esperado. Muchos de nuestros pequeños agricultores los usan, el alto costo de los productos químicos para controlar malezas ocasiona un aumento de los costos de producción, que en muchos casos hace que los rendimientos obtenidos principalmente por pequeños agricultores no sean rentables.

Existen reportes de agricultores que afirman que la resistencia de malezas a herbicidas en arroz se presenta en la provincia de Manabí, sin embargo no se han realizado estudios acerca de la resistencia de malezas a herbicidas en el cultivo de arroz en la provincia.

¿Cómo la identificación de malezas resistente a herbicidas, puede contribuir a que los agricultores mejoren o adopten otras tecnologías para el control de malezas en el cultivo de arroz en Manabí?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es vital para las mayores poblaciones del mundo y está profundamente relacionado con el patrimonio cultural de numerosas sociedades. Es un rubro básico en la alimentación y mitigación de la pobreza en muchos países en vías de desarrollo. La producción de este cultivo en Ecuador, tiene importancia económica y social, por lo que es un alimento básico en la dieta de su población y un rubro de exportación generador de divisas, para satisfacer las necesidades básicas de la población en constante crecimiento (Poveda y Andrade, 2018).

En nuestro país, el cultivo de arroz es generador de empleo para la mayoría de la población rural. La superficie cultivada a nivel nacional corresponde a 301.853 has. Las provincias del Guayas y Los Ríos suman el 95,04% correspondiente a 286.881 has, considerándose las principales zonas arroceras, mientras que Manabí aporta con un 2,0 %, equivalente a 6.037,06 has cosechadas, siendo los cantones Rocafuerte, Charapoto y Tosagua productores de este cereal (INEC, 2018).

Diversos estudios señalan que el uso de herbicidas se ha constituido una herramienta poderosa y cada vez más común, convirtiéndose en una práctica de excesiva confianza para los productores por su eficiencia, con costos cada vez más atractivos, dejando de lado otros métodos de control. A su vez, el ambiente de alta humedad y temperatura facilita la aparición y el crecimiento continuo de una amplia variedad y cantidad de malezas, aunque sus características de agresividad y adaptabilidad están determinadas por el sistema de producción (Romero, 2015).

Con la presente investigación se pretende confirmar la posible resistencia de las malezas a los herbicidas utilizados en el cultivo de arroz, mediante un test específico, dado que la falla en el control de malezas puede ocurrir por factores como: Aplicación

errónea, dosis incorrecta, ventana de aplicación incorrecta, malezas muy desarrolladas, germinación de nuevas malezas después del tratamiento, Infestaciones muy grandes y cobertura pobre debido a esto se incrementa los daños indirectos ocasionados por las malezas en el cultivo de arroz, predominando principalmente el aumento de los costos de producción, así como dificultar el manejo del agua, además manifiestan que son hospederas de plagas y enfermedades, y afectan la calidad y la labores las cosechas (Cerruffo, 2018).

En razón de que en Manabí no se han realizado estudios acerca de la resistencia de malezas a herbicidas en el cultivo de arroz, se justifica esta investigación que generara información y a futuro establecer estrategias de manejo para un mejor control.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la presencia de malezas resistentes a herbicidas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en tres cantones de la provincia de Manabí.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual del control de malezas en el cultivo de arroz, en los cantones Tosagua, Rocafuerte y Sucre.
- Identificar la presencia de malezas con posible resistencia a herbicidas en el cultivo de arroz en los cantones Tosagua, Rocafuerte y Sucre.
- Verificar la resistencia de las malezas identificadas, con herbicidas post-emergentes selectivos en el cultivo de arroz en los cantones Tosagua, Rocafuerte y Sucre.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos una de las malezas presentara resistencia a los herbicidas usados en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en los cantones Tosagua, Rocafuerte y Sucre.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L)

El arroz es una gramínea anual perteneciente al género *Oryza*, originaria del sur de la India, donde hay condiciones muy favorables para el cultivo. En esa región de India abundan muchas especies silvestres relacionadas con el cultivo en las zonas ribereñas y deltas de los ríos, donde en un principio el arroz era recolectado. No obstante, su cultivo comenzó en China, en los fértiles valles de los ríos Hang-Ho y Yang-Tse-Kiang, hacia el siglo XV A.C (Moquete, 2010).

Muñoz (2009), citado por Romero (2015), destaca que el arroz (*Oryza sativa* L.) es la base para la alimentación de más de la mitad de la población mundial y uno de los más importantes en superficie cultivada, ocupando el segundo lugar en superficie cosechada después del trigo.

2.2. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ EN EL ECUADOR

En el Ecuador la superficie cosechada de arroz ha tenido un decrecimiento anual negativa del 3,38%. El cultivo de arroz está localizado principalmente en la Región Costa. Las provincias del Guayas y Los Ríos sumaron el 95,04%, correspondiente a 286.881 has de la superficie total cosechada de este producto, y la producción nacional equivalente a 1'350.093 toneladas métricas del grano. Mientras que Manabí aporta con 2,0% correspondiente a 6.037,06 has de la superficie total cosechada y con una producción de 3,62% equivalente a 25.000 Toneladas métricas (INEC, 2018).

Las zonas arroceras del país, presentan un amplio rango en la distribución de los factores climáticos que varía desde el trópico húmedo hasta el trópico seco, con temperaturas de 20° a 30 °C, precipitaciones máximas de 2500 mm y mínimas de 500 mm por año con humedad relativa generalmente alta. Estas zonas son fértiles y su mayor limitante es la inadecuada disponibilidad de agua, factor que en extensas zonas de secano es mínimo, sujeto a las lluvias (INIAP, 2014).

2.3. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DE ARROZ

Moquete (2010) expone la sistemática de la taxonomía del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L):

- **Reino:** Vegetal
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Liliopsida
- **Orden:** Poales
- **Familia:** Poaceae
- **Subfamilia:** Panicoideas
- **Tribu:** Oryzae
- **Subtribu:** Oryzineas
- **Género:** *Oryza*
- **Especie:** *sativa*

2.4. MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ

La FAO (2004), indica que aquellas plantas que interfieren con la actividad humana en las áreas cultivadas o no cultivadas son consideradas malezas. Las malezas compiten con los cultivos por los nutrientes del suelo, el agua y la luz; hospedan insectos y patógenos dañinos a las plantas de los cultivos y sus exudados de raíces y/o filtraciones de las hojas pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas. Las malezas además interfieren con la cosecha del cultivo e incrementan los costos de tales operaciones. Además, en la cosecha, las semillas de las malezas pueden contaminar la producción.

Valverde (2004), en un trabajo para la FAO menciona que: en muchos sistemas agrícolas de todo el mundo la competencia de las malezas es uno de los principales factores que reducen el rendimiento de los cultivos y los ingresos de los agricultores. En los países desarrollados, a pesar de la disponibilidad de soluciones de alta tecnología (p. ej., herbicidas selectivos y cultivos genéticamente modificados resistentes a los herbicidas) la proporción de las pérdidas de rendimiento de los cultivos no parece disminuir significativamente con el pasar del tiempo.

Ramírez (2014), indica que el cultivo de arroz tiene asociadas poblaciones de malezas que inciden de manera negativa en el rendimiento y en el desarrollo de las labores; el monocultivo y las condiciones propias del agro-ecosistema son situaciones que de alguna manera determinan la diversidad de las especies presentes en los predios arroceros. La riqueza y diversidad de la flora de malezas cambia de acuerdo con la zona, debido a las características propias de los cultivos en cada una.

El período crítico de interferencia de las malezas con el arroz es aquel en que las plantas presentan su máxima tasa de crecimiento, es decir, entre emergencia e inicio de panícula. En este período de desarrollo la pérdida de rendimiento es máxima e irreparable. Por lo tanto, para expresar el potencial de rendimiento las plantas de arroz deben permanecer libres de malezas durante este período (Fundación Chile, 2011).

Para la FEDEARROZ (2003), en Colombia existen alrededor de 17 especies de malezas que están asociadas a los cultivos de arroz. Mientras que otros estudios muestran que las especies de malezas asociadas al cultivo de arroz en Colombia y en el departamento del Tolima son mucho más numerosas y de diversas familias botánicas.

Poveda y Andrade (2018), indica que el cultivo de arroz tiene un período de interferencia de malezas comprendido entre los 0 – 40 días de edad, lo cual puede presentar pérdida de 45 al 75 % del rendimiento tanto en condiciones de siembra bajo riego como de secano. En el litoral ecuatoriano existen especies que son comunes en ambos sistemas de producción como los géneros *Echinochloa* (liendre de puerco, barba de indio), *Leptochloa* (paja de mona, plumilla) y las especies *Oryza sativa* (arroz rojo), *Eclipta alba* (botoncillo), *Ludwigia* spp., (clavo de agua) y *Fimbristylis miliacea* (arrocillo), a diferencia de las especies que sólo crece en condiciones de secano como *Ipomoea tiliacea* (betilla), *Euphorbia heterophylla* (guarda rocío) y *Rottboellia cochinchinensis* (caminadora).

En la tabla 1 Pazmiño (2013), expone los biotipos de malezas más comunes en el cultivo de arroz en la región costa.

Tabla 1. Malezas asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa*).

| Nombre científico | Nombre común |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Cyperus iria</i> | Coquito |
| <i>Echinochloa crus-galli</i> | Pata de gallo o amor de hortelano |
| <i>Leptochloa spp</i> | Paja blanca |
| <i>Cyperus ferax</i> | Cortadera |
| <i>Rottboellia cochinchinensis</i> | Caminadora |
| <i>Murdania nudiflora</i> | Piñita |
| <i>Ipomoea spp</i> | Betilla |
| <i>Echinochloa colona</i> | Arrocillo silvestre |
| <i>Euphorbia spp.</i> | Lecherón |

Fuente: Pazmiño, (2013).

2.5. CARACTERÍSTICAS DE *Leptochloa uninervia*.

Leptochloa spp, es una planta originaria del continente Americano y naturalizada en el cultivo de arroz. Entre los nombres comunes se conocen como “Paja morada” o “Paja blanca”, es una planta de hábito erecto de 30 hasta 80 cm de altura, anual, herbácea. Tallo ramificado en los nudos y éstos de color oscuro o tonalidad violeta. Las hojas son lanceoladas con o sin pubescencia en la vaina y lámina foliar dependiendo de la especie. Su lígula es de tamaño variable (Figura 1). La inflorescencia es una panícula que varía de tamaño, abierta muy ramificada que al madurar toma color morado o blanco pajizo según la especie (Romero, 2015).

Nieve *et al.*, (2018) indica que de todas las subespecies, D. f. subsp. *Leptochloa uninervia* tiene las mayores tendencias de malas hierbas y está distribuida ahora en muchas áreas no nativas. La separación significativa de la adhesión de México a partir de las adhesiones de América del Sur también sugiere que la *Leptochloa uninervia* puede no haber tenido un origen singular.

Vega (1984), citado por Nieve *et al.*, (2018) menciona que la maleza *Leptochloa uninervia*, es una subespecie de la *Fusca Diplachne* que se ha mantenido en el tiempo por un proceso de adaptación y persistencia debido a la integración de factores ecológicos, climáticos y edáficos, como también al manejo intensivo para la producción de gramíneas, a la producción de alto número de semillas por planta, y a la latencia y prolongada viabilidad de las mismas; dicha semillas una vez establecidas en el suelo hace que sea prácticamente imposible un control de forma eficiente.

Figura 1. Semillas de paja blanca *Leptochloa uninervia* (J. Presl) Hitchc. & Chase



Fuente: Del Monte y Cortés (2000)

Hábitat: se establece en suelos de textura franco – arenosa, su ciclo de vida es anual y se la encuentra en cultivos de secano o bajo riego (Zambrano, 2016).

2.6. RESISTENCIA DE LAS MALEZAS A HERBICIDAS

Cárdenas (2008), relata que la resistencia a los herbicidas es la capacidad que han desarrollado las poblaciones de malezas previamente susceptibles a un cierto herbicida para resistir a ese compuesto y completar su ciclo biológico cuando el herbicida es aplicado en sus dosis normales.

El mismo autor menciona que esta capacidad se ha incrementado seriamente en los últimos años. Si bien la mayoría de los casos de resistencia a los herbicidas han ocurrido en los países desarrollados, y también en los países en desarrollo varias malezas importantes han evolucionado a ciertas formas de resistencia con un considerable impacto económico negativo sobre algunos cultivos especialmente en arroz.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2010), expone algunos de los aspectos importantes sobre la resistencia de las malezas a los herbicidas:

- La resistencia a uno o varios herbicidas es una característica hereditaria de la maleza, cuya transmisión a las generaciones sucesivas depende de la naturaleza del gen o de los genes involucrados (por dominancia, pseudo-dominancia o recesividad.)
- La aparición de la resistencia se relaciona con la presión de selección impuesta por el uso repetido de un mismo herbicida.
- La especie de maleza, como tal, es afectada por el herbicida cuando éste se aplica en la dosis recomendada, pero gracias a un proceso evolutivo (selección de individuos resistentes) un grupo de biotipos de la especie sobrevive y completa su ciclo reproductivo, a pesar de la aplicación del herbicida.

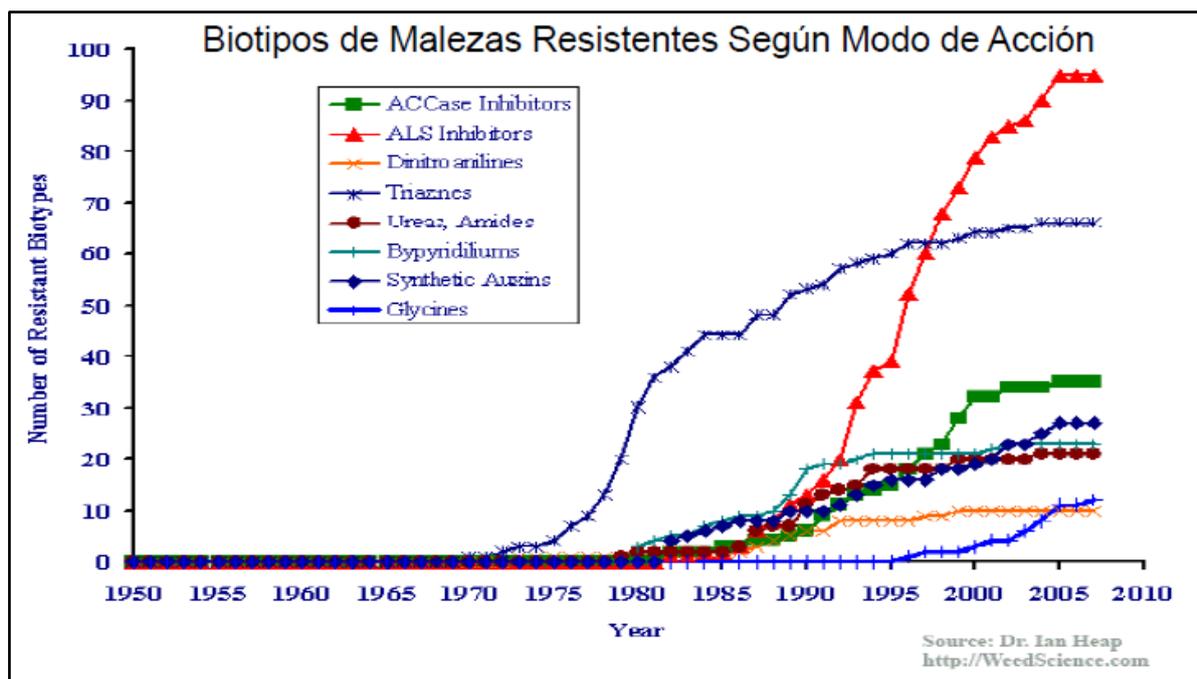
Fischer y Valverde (2005), indican que la resistencia evolucionará rápidamente si resulta de una alteración del sitio activo que usualmente es controlada por herencia monogénica. Esta evolución se acelera cuando el herbicida es altamente fitotóxico (como es el caso de los inhibidores de la ALS) o se usa a una dosis elevada, dado que prácticamente todos los individuos sobrevivientes que pasen su descendencia a la próxima generación serán portadores del gene de resistencia (la *presión de selección* a favor de la resistencia será máxima).

2.7. HISTORIA DE LA RESISTENCIA DE LAS MALEZAS A LOS HERBICIDAS

Según el CIAT (2010), el primer caso de resistencia de una maleza a un herbicida (la Auxina sintética o 2,4-D) se reportó en 1957; sin embargo, solo en 1970, cuando Ryan documentó la resistencia a las triazinas que exhibía *Senecio vulgaris*, este fenómeno comenzó a ser reconocido como un problema de importancia agronómica y económica.

En la figura 2 podemos observar la evolución de biotipos de malezas resistentes a herbicida, a partir de la década de los 80 hasta la actualidad.

Figura 2. Biotipos de malezas resistentes detectados por familia de herbicidas.



Fuente: Heap, (2014)

Valverde, Riches y Caseley (2000), aseguran que en América Central se ha informado de 21 gramíneas resistentes a inhibidores de la ACC-asa en 19 países, las que constituyen una seria amenaza en muchas situaciones. Mientras que el CIAT (2010) menciona que el uso generalizado de inhibidores de la enzima ACC-asa, principalmente del fenoxprop-etilo, propicio la selección (y aparición) de biotipos resistentes a tales productos.

Para Romero (2015), en la provincia del Guayas la resistencia a los herbicidas Inhibidores de la enzima (ACC-asa), es notable específicamente en la especie *Leptochloa* sp. Por lo que se requiere dosis muy altas para que le cause daño, esto explica el problema que tienen los productores para el manejo de esta maleza.

2.8. HERBICIDAS USADOS EN ARROZ

Diaz de Ulzurum (2013), menciona que el comité de acción contra la resistencia a herbicidas (HRAC) plantea una clasificación uniforme de los ingredientes activos herbicidas de acuerdo a su sitio de acción. El mecanismo de acción se refiere al efecto bioquímico o biofísico del herbicida en la planta, el cual es responsable de su muerte; es algo muy específico que a continuación se presentan:

- Inhibición de ALS

- Inhibidores enzima ACCasa
- Inhibición de fotosíntesis
- Inhibición de la Protoporfirinógeno oxidasa (PPO)
- Inhibición de la formación de microtúbulos
- Inhibición ácidos grasos de cadena larga

2.8.1. HERBICIDAS INHIBIDORES DE ALS

Los inhibidores de la Acetolactato Sintasa pertenecen a cinco grupos químicos, pero los productos que se comercializan en Ecuador contra las malezas del cultivo del arroz pertenecen a tres de ellos solamente: sulfonilureas, imidazolinonas y pirimidinil-tiobenzoatos.

- **Sulfonilureas**

A este grupo pertenecen los siguientes ingredientes activos: azimsulfuron, etoxisulfuron, metsulfuron-metil y pirazosulfuron-etil. En general, estos herbicidas se aplican en postemergencia, aunque algunos se pueden recomendar en preemergencia para el control selectivo de malezas de hoja ancha y de ciperáceas. Las hojas y las raíces de las malezas los absorben fácilmente y el xilema los trasloca ampliamente cuando la absorción es radical; la translocación tiene menor alcance por el floema cuando la aplicación es foliar.

- **Imidazolinonas**

Este grupo está representado por el ingrediente activo imazapir. Este producto se puede aplicar desde la preemergencia hasta cuando las malezas y el arroz rojo tengan cuatro hojas en posemergencia y el arroz del sistema “clearfield” (CF-205) tenga cuatro hojas. Este producto se puede aplicar únicamente a la variedad de arroz ‘Clearfield`.

- **Pirimidinil-tiobenzoatos**

A este grupo pertenece el bispiribac-sodio, un herbicida posemergente que controla una amplia gama de malezas gramíneas, ciperáceas, commelináceas y dicotiledóneas que aparecen en el cultivo de arroz. El bispiribac-sodio es absorbido fácilmente por el follaje y por las raíces y se trasloca por el floema y por el xilema. Las

malezas sensibles al producto suspenden su crecimiento, se vuelven cloróticas, sus tejidos jóvenes mueren (necrosis) y, finalmente, la planta muere.

2.8.2. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA ENZIMA ACCasa

Diecisiete son los herbicidas que actualmente hacen parte de los inhibidores de ACCasa. Según la clasificación de la HRAC se ubican en el grupo A y las familias químicas que lo integran son las ariloxi-fenoxi-propionatos (APP) y las ciclo-hexana (CHD) son dos grupos químicos que han dado ingredientes activos para herbicidas posemergentes que controlan especies de gramíneas en los cultivos de cereales y de dicotiledóneas. Aunque la química de estos dos grupos difiere sustancialmente, su actividad fisiológica y bioquímica en la planta indica que deben tener elementos estructurales comunes que son responsables de su acción herbicida (Ramírez, 2014).

Los APP se formulan como ésteres del ácido original (ácido padre) para facilitar su absorción por las hojas. El cyhalofop-butil y el fenoxaprop-etil son absorbidos rápidamente por el follaje de las plantas y traslocados a los tejidos meristemáticos, donde ejercen su acción fitotóxica.

Las CHD son ácidos débiles y muy móviles por el floema; algunas de ellas son muy inestables y están expuestas a una fotólisis rápida. No son persistentes en el suelo y la acción de los microorganismos las descompone fácilmente. Su vida media varía entre 3 y 5 días. La que se usa como ingrediente activo para controlar malezas en arrozales es el profoxidim o clefoxidim.

Según Valverde *et al.*, (2000) existen poblaciones de *Echinochloa colona* resistentes a los herbicidas AFP y CHD. Aunque el mecanismo de resistencia no se conoce completamente, se sabe que no está asociado con un metabolismo elevado o una alteración del sitio de acción. En la mayoría de las gramíneas, la resistencia se atribuye a una modificación del sitio de acción (ACCasa), aunque algunas malezas resistentes exhiben un metabolismo acelerado.

2.8.3. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA FOTOSÍNTESIS

El CIAT (2010), menciona que, a varios grupos químicos pertenecen los herbicidas que inhiben la fotosíntesis a nivel del fotosistema II; se distribuyen, además en tres subclases (C1, C2 y C3) según la forma en que se unen a la proteína D₁. Por ejemplo,

el ingrediente activo propanil pertenece a la familia química de las amidas y entra en la subclase C2; el ioxinil es un nitrilo y el bentazón es una benzotio-diazinona, y ambos pertenecen a la subclase C3.

- **Propanil**

Este herbicida es muy selectivo respecto al arroz. Se aplica en pos emergencia para controlar algunas malezas gramíneas, casi todas las de hoja ancha y muchas especies de ciperáceas. El follaje lo absorbe fácilmente, pero su movilidad dentro de la planta, desde el sitio tratado hasta los puntos de crecimiento, es limitada.

- **Ioxinil**

Este producto se aplica al arroz en mezcla formulada con 2,4-D para controlar malezas de hojas anchas y ciperáceas en pos emergencia, incluyendo especies resistentes al 2,4-D. El follaje de las malezas absorbe fácilmente el herbicida, pero su translocación es mínima: actúa por contacto.

- **Bentazón**

Es un herbicida selectivo, pos emergente y de contacto, que controla malezas de hojas anchas y ciperáceas en el cultivo del arroz. Es absorbido principalmente por el follaje. Se requieren como mínimo 4 horas de tiempo seco después de la aplicación para que pueda actuar; la lluvia lo lava del follaje.

2.8.4. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA PROTOPORFIRINÓGENO OXIDASA (PPO)

Ramírez (2014), destaca que los ingredientes activos oxyfluorfen y oxadiazón pertenecientes a la familia difenil-eter y oxadiazol respectivamente, son utilizados en aplicaciones pre-emergentes en el cultivo de arroz. El oxifluorfen y el oxadiazón son productos que se utilizan para controlar malezas gramíneas y de hoja ancha. Se consideran herbicidas de contacto, con capacidad para destruir membranas de células vegetales, y de acción rápida.

2.8.5. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA FORMACIÓN DE MICROTÚBULOS

Diversas familias químicas inhiben el desarrollo de los microtúbulos celulares; entre ellas están las dinitroanilinas, y una de éstas, la pendimetalina, es ingrediente activo de un herbicida que se aplica al arroz (CIAT, 2010).

- **Pendimetalina**

La pendimetalina es un herbicida residual y selectivo que elimina las gramíneas anuales y la mayoría de las malezas de hoja ancha. Se aplica al suelo tanto en preemergencia como pos emergencia temprana. El producto es absorbido por las semillas de las malezas desde que están en proceso de germinación hasta cuando tienen dos hojas, como máximo.

2.8.6. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE ÁCIDOS GRASOS DE CADENA LARGA

Díaz de Ulzurum (2013), sugiere que existen 21 ingredientes activos con este mecanismo de acción perteneciente al grupo K3 de su clasificación. Dentro de la familia química cloroacetamidas se encuentran butaclor y pretilaclor. Estos corresponden a los ingredientes activos con este mecanismo más utilizados en el cultivo de arroz.

Mientras que el CIAT (2010), menciona que estos herbicidas son selectivos del arroz, y hacen un buen control de malezas en especies de gramíneas, de ciperáceas y en algunas de hoja ancha. Cuando se utilizan solos, se aplican al suelo en preemergencia; cuando se mezclan con propanil, son sinergistas que rompen la resistencia de *Echinochloa* sp. y se aplican en pos emergencia del arroz, desde que las plantas emiten la primera hoja hasta que inician la etapa de macollamiento.

2.8.7. HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE LÍPIDOS (no ACC-asa)

Según Díaz de Ulzurum (2013), dentro de este mecanismo de acción se encuentran 19 ingredientes activos que pertenecen al grupo N. El ingrediente activo thiobencarbo perteneciente a la familia química tiocarbamato, es el único ingrediente activo de

este grupo utilizado en el cultivo de arroz. Es absorbido por las raicillas, la plúmula, el tallo, las hojas y principalmente a través de mesocótilo. Su traslocación es acropétala (vía xilema, de la base hacia el ápice). Su efecto se observa de 5 a 8 días después de la aplicación.

- **Auxinas sintéticas**

Ramírez (2014), relata que las auxinas naturales en cooperación con otras hormonas, regulan fundamentalmente el crecimiento y procesos de desarrollo como la elongación, división celular, diferenciación de tejido vascular, iniciación radicular y control de dominancia apical. Se conoce que el efecto de las auxinas es bifásico dependiendo de la concentración y susceptibilidad de la especie. El mismo autor menciona que según la clasificación por mecanismo de acción, existen diecisiete (17) ingredientes activos con acción sobre plantas como auxinas sintéticas. Se encuentran ubicados en el grupo O de la clasificación (HRAC). Las familias químicas que integran este grupo son las ácido fenoxi carboxílico, ácido benzoico, ácido piridin carboxílico y ácido quinolin carboxílico.

Valverde *et al.*, (2000) menciona que en la familia de los ácidos fenoxicarboxílicos está el herbicida 2,4-D; en la de los ácidos piridincarboxílicos están las mezclas formuladas de picloram+2,4-D y de propanil+triclopir; y en la de los ácidos quinolincarboxílicos aparece el quinclorac. Se traslocan fácilmente por el floema y el xilema, aunque en dosis altas actúan como herbicidas de contacto y así su translocación decrece.

CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El presente estudio tuvo tres etapas: una primera de levantamiento de información, una segunda etapa que se realizó a nivel de campo; ambas se llevaron a cabo en tres cantones productores de arroz, de la provincia de Manabí (Tosagua, Rocafuerte y Sucre). La tercera etapa se realizó en el vivero de la Carrera de Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio “El Limón”, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, cuyas coordenadas son: 00°49’27.9” de Latitud Sur y 80°10’47.2” de Latitud Oeste, situada a 15,5 msnm.

El periodo de la investigación abarca desde abril de 2018 hasta abril del 2019.

3.2. PRIMERA ETAPA

Se tomó un modelo de encuesta propuesto por la FAO (Anexo 1), el cual fue modificado a la exigencia de la investigación y al ámbito de los productores arroceros de los cantones (Anexo 2), posteriormente se procedió a diagnosticar la situación actual del control de malezas, y conocer las percepciones de los productores respecto a las malezas que presentan características de resistencia o tolerancia a herbicidas.

Para recolectar la información se registraron los datos informativos de los productores y se procesaron los ítems siguientes:

- a) Identificación de las malezas.- Se logró identificar con el nombre común, las malezas más frecuentes en los lotes de arroz de cada productor.
- b) Problemas de malezas resistentes o tolerantes a herbicidas en la zona.- Se constató la percepción de los productores sobre la presencia de malezas resistentes en sus lotes.
- c) Descripción de la maleza que presenta característica potenciales de resistencia a herbicida.- Tipo de maleza (monocotiledónea, dicotiledónea), inflorescencia, semillas, ramificación.

- d) Conocer el manejo del cultivo en el uso de herbicidas por parte de los agricultores arroceros.- Se registró los distintos herbicidas y dosis que utilizan los agricultores, además se conoció las diferentes mezclas que realizan.

Fundamentados en los resultados de las encuestas, se escogió dos herbicidas (Clincher y Basagran) más usados en los tres cantones, y se seleccionaron cuatro lotes en cada cantón, para realizar los ensayos de campo en la segunda etapa.

3.3. SEGUNDA ETAPA

En los ensayos de campo, el control químico de malezas, se realizó bajo responsabilidad de los investigadores, se registró la cantidad de ingrediente activo, dosis, época y forma de aplicación, con el fin de descartar errores en la aplicación de los herbicidas. Se seleccionaron las malezas que persistieron a este control, se recolectaron y se transportaron en fundas plásticas, se procedió al secado de la semilla para su conservación, seguidamente se separaron de la espiga, luego de esto se procedió al traslado de la semilla a las tarrinas, se rotularon con sus respectivas codificación de los lotes, para así poderlas tener a un ambiente óptimo de conservación, bajo refrigeración.

Y para confirmar la identificación de las malezas mediante conversación con el técnico ingeniero Gonzalo Espinoza de la empresa Corteva fabricante del producto Clincher se procedió a comprobar las técnicas y las claves taxonómicas que contribuyeron a la identificación de la especie correspondiente a la paja blanca (*Leptochloa uninervia* L.) y el arrocillo (*Echinochloa crus-galli* L.), ¹

Se condujo a un experimento screening, (recolección y evaluación de semillas en los doce lotes correspondiente a los cantones seleccionados) el cual consistió en una prueba de diagnóstico para determinar la tolerancia de las malezas a los herbicidas. Las semillas (*Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa crus-galli* L.) de los doce lotes fueron sometidas a una preselección mediante la aplicación de la dosis comercial para identificar los individuos tolerantes y/o resistentes a los herbicidas cyhalophop y penoxulam. Las características de los herbicidas se describen en la tabla 2.

¹ Espinoza, G. 2019. Identificación de malezas en el cultivo de arroz (Entrevista). Guayaquil-Guayas. EC, CORTEVA.

Tabla 2. Características de los herbicidas en estudio.

| Nombre Químico | Nombre Técnico | Nombre Comercial | Formulación | Concentración | Dosis L/ha-1 |
|---|-----------------|------------------|-------------|---------------|--------------|
| Butyl (R)-2-[4-(4-cyano-2-fluorophenoxy) phenoxy] propionato. | Cyhalofop-butyl | Clincher | 180 g ia/l | CE | 1.20 |
| Triclopyr triethylamine salt (TEA) | Penoxulam | Bengala Post | 250 g ia/l | SC | 1.00 |

Fuente: Dow AgroSciences, (2017).

Se procedió al llenado de las vasos para la germinación de las malezas con posibles resistencias a los herbicidas, a los 14 días después de la siembra se realizó la aplicación de la dosis comercial de los herbicidas, recomendada por el fabricante. Las malezas presentaban las características idóneas (dos a tres hojas verdaderas) para realizar dicha aplicación. Se evaluó a los siete y catorce días después de la aplicación, la toxicidad y la efectividad en el control.

3.4. TERCERA ETAPA

Se realizó un ensayo mediante la metodología dosis-respuesta, las semillas de *Leptochloa uninervia* L. recolectadas, se sembraron en macetas con sustrato para su respectiva germinación, y posterior a la germinación se realizó un raleo dejando 20 malezas por macetas. La aspersion del herbicida post-emergente seleccionado, teniendo en cuenta que se estudiaron diferentes dosis.

3.4.1. FACTORES Y NIVELES EN ESTUDIO

Factor (Herbicida)

- Cyhalofop butyl

Niveles (Dosis)

- 1/8x Dosis
- 1/4x Dosis
- 1/2x Dosis
- 1x Dosis
- 2x Dosis

- 4x Dosis
- 8x Dosis

3.4.2. TRATAMIENTOS

En la tabla 3 se describe la combinación de las dosis y los lotes en el cantón Sucre seleccionados del screening, bajo el sistema Dosis-Respuesta. Teniendo en cuenta que de la misma manera se distribuyeron en los otros cantones, sin dejar en pos las tres repeticiones.

Tabla 3. Combinación de las diferentes dosis y lotes en el cantón Sucre.

| Cantón | Lote | Código | Dosis | Cyhalafop butyl ** l/ha |
|--------|------|--------|-------|-------------------------|
| Sucre | L1 | S-L1D0 | 0x | 0,00 |
| | | S-L1D1 | 1/8x | 0.15 |
| | | S-L1D2 | 1/4x | 0.30 |
| | | S-L1D3 | 1/2x | 0.60 |
| | | S-L1D4 | 1x | 1.20 |
| | | S-L1D5 | 2x | 2.40 |
| | | S-L1D6 | 4X | 4.80 |
| | | S-L1D7 | 8x | 9.60 |
| | L2 | S-L2D0 | 0x | 0,00 |
| | | S-L2D1 | 1/8x | 0.15 |
| | | S-L2D2 | 1/4x | 0.30 |
| | | S-L2D3 | 1/2x | 0.60 |
| | | S-L2D4 | 1x | 1.20 |
| | | S-L2D5 | 2x | 2.40 |
| | | S-L2D6 | 4X | 4.80 |
| | | S-L2D7 | 8x | 9.60 |
| | L3 | S-L3D0 | 0x | 0,00 |
| | | S-L3D1 | 1/8x | 0.15 |
| | | S-L3D2 | 1/4x | 0.30 |
| | | S-L3D3 | 1/2x | 0.60 |
| | | S-L3D4 | 1x | 1.20 |
| | | S-L3D5 | 2x | 2.40 |
| | | S-L3D6 | 4X | 4.80 |
| | | S-L3D7 | 8x | 9.60 |
| | L4 | S-L4D0 | 0x | 0,00 |
| | | S-L4D1 | 1/8x | 0.15 |
| | | S-L4D2 | 1/4x | 0.30 |
| | | S-L4D3 | 1/2x | 0.60 |
| S-L4D4 | | 1x | 1.20 | |
| S-L4D5 | | 2x | 2.40 | |
| | | S-L4D6 | 4X | 4.80 |

3.4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para las primeras etapas del experimento se usó estadísticas descriptivas, en el experimento dosis-respuesta se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), en el que los tratamientos fueron distribuidos con un factor, formado por un herbicida con 8 dosis en la que se incluye una dosis testigo que nunca recibió producto para manejo de la misma. A continuación se detalla el esquema del ADEVA.

| Análisis de Varianza | | GL |
|----------------------|------------|----|
| Repeticiones | (r-1) | 2 |
| Dosis | (d-1) | 7 |
| Error Experimental | (t-1)(r-1) | 14 |
| Total | (t*r)-1 | 23 |

3.4.4. VARIABLES RESPUESTA

Altura de maleza: Esta variable se registró a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación, se midió con un flexómetro desde la base del tallo hasta la intercepción de la primera hoja, los datos se expresaron en cm.

Peso fresco total: A los 7, 14 y 21 días, después de tratadas las malezas, se procedió a retirarlas de las macetas y se lavaron para limpiar su parte radicular dejándola sin residuos de suelo, evitando daños mecánicos y pérdida de masa, posteriormente se procedió a pesar la materia fresca total que incluye su parte radicular y parte aérea y se expresaron en gramos (gr).

Peso seco total: Inmediatamente después estas plantas frescas se colocaron en fundas de papel despacho con su respectiva identificación y se llevaron a secar en estufa a 70°C, durante 72 horas (peso constante), se determinó el peso tanto de la parte aérea como radicular, expresado en gramos (gr).

Toxicidad: Se evaluaron los índices tóxicos de las plantas mediante observaciones visuales tomando en cuenta síntomas como clorosis, necrosis y falta de crecimiento,

a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación del producto, usando la escala ALAM² modificada por Romero (2015), como se detalla a continuación:

0 = sin daño

1 – 3 = daño ligero

4 – 6 = daño moderado

7 – 9 = daño fuerte

10 = muerte

3.4.5. ANALISIS DE DATOS

El análisis de datos se realizó a través del análisis de varianza (ANOVA), y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5 % de probabilidades. Se utilizó el software estadístico Infostat.

3.4.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo conformada por 20 malezas por macetas (32 onzas).

² Escala aprobada por la Asociación Latinoamericana de Malezas

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ, EN LOS CANTONES TOSAGUA, ROCAFUERTE Y SUCRE.

Los resultados de las encuestas en los tres cantones, muestran que el control de malezas se lo realiza después del trasplante o siembra, hasta los treinta días con herbicidas pos emergente selectivo para arroz, entre ellos el más utilizado es el clincher y Basagran, la aplicación la realizan con bomba manual y de motor. Las malezas más comunes en el cultivo de arroz por inundación son: la paja blanca (*Leptochloa uninervia*. L), Arrocillo (*Echinochloa cruz-galli*. L), Coquito (*Cyperus difformis* L), las malezas denominadas de hoja ancha en nuestro estudio no fueron de mucha importancia para los agricultores encuestados, esto concuerda con la información de Romero (2015), donde indica que en el Guayas existen problemas de malezas, con poblaciones de *Leptochloa* sp. En cuanto a la percepción de los agricultores sobre la resistencia de las malezas más comunes en sus localidades y la información del tipo de control químico de dichas malezas en cada cantón, los resultados fueron los siguientes:

4.1.1. CANTÓN SUCRE

En la figura 3, se observa que el 55% de los encuestados, considera que la paja blanca (*Leptochloa uninervia* L.), seguido del 35% considera que el arrocillo (*Echinochloa cruz-galli* L.), son las maleza que presentan las características de posible resistencia en el cantón Sucre. Esta percepción se basa en la experiencia de los agricultores, donde después de los controles químicos las malezas persisten en los lotes de producción teniendo luego que recurrir a controles manuales.

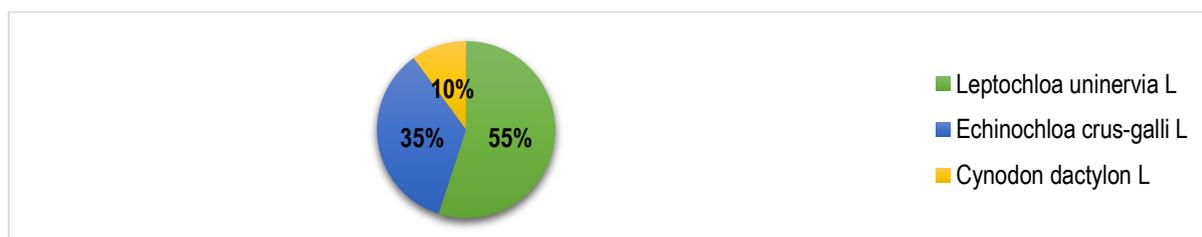


Figura 3. Productores con problemas de malezas en el cantón Sucre.

En la figura 4, se puede observar que el 85% de los productores utilizan el herbicida Bispiribac sodium (inhibidor de la fotosíntesis), el 10% utiliza el herbicida Cyhalofop butyl (inhibidor de la encima ACCasa) y el otro 5% corresponde a otros herbicida como por ejemplo el Bengala.

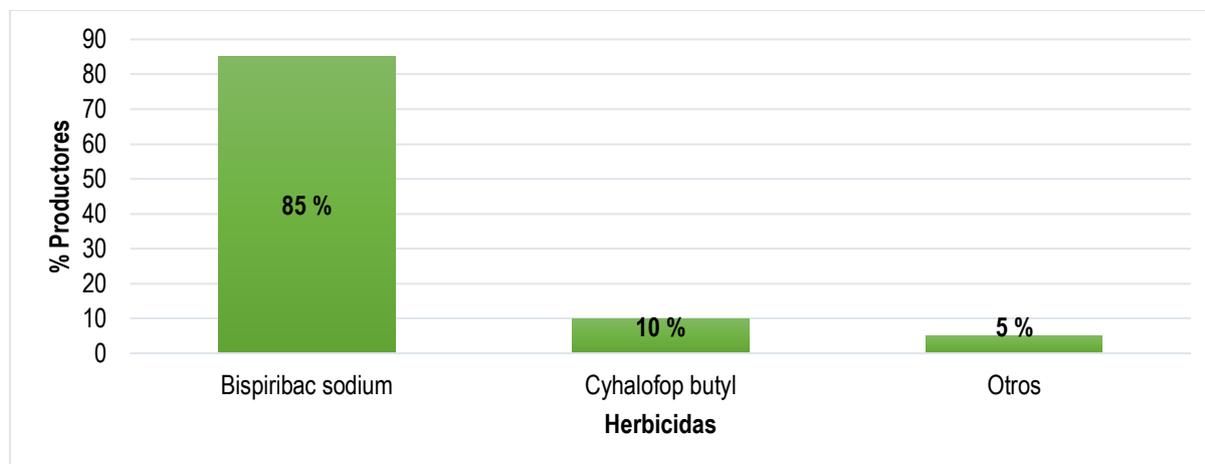


Figura 4. Tipos de herbicidas usados por los productores en el cantón Sucre.

4.1.2. CANTÓN ROCAFUERTE

En la figura 5, se evidencia que el 46% de los encuestados, considera que la paja blanca (*Leptochloa uninervia* L.), es la maleza que presenta las características de posible resistencia en el cantón Rocafuerte. El 16% considera que el coquito (*Cyperus difformis* L.), y el 15% corresponde a la grama (*Cynodon dactylon* L.). Es destacable que un 23% de los agricultores encuestados consideran que no tienen problemas de resistencia en sus lotes, y está relacionada con la persistencia de las malezas después de los controles químicos.

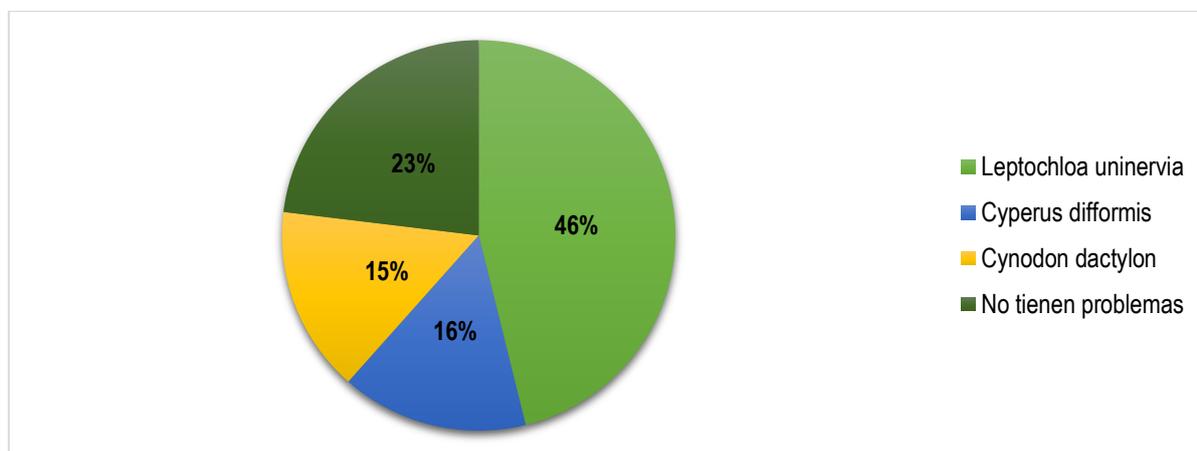


Figura 5. Productores con problemas de malezas en el cantón Rocafuerte.

En la figura 6, se puede apreciar que el 30% de los productores, utilizan el herbicida Cyhalofop butyl, 30% Cyhalofop+Penoxulam, 15% Cyhalofop+Bispiribac, 15% Clomaxone y el 8% corresponde a Bispiribac.

En conversación personal con el técnico ingeniero Gonzalo Espinoza, de la empresa Corteva (fabricante del herbicida Clincher), mencionó que este herbicida no debe ser usado en mezclas con otros productos, ya que reduce su efectividad; sin embargo Zambrano (2016), en su investigación afirma que los herbicidas Cyhalofop y Penoxulam solos o en mezclas con Bentazon y Picloram+2,4-D se destacan por su efectividad.

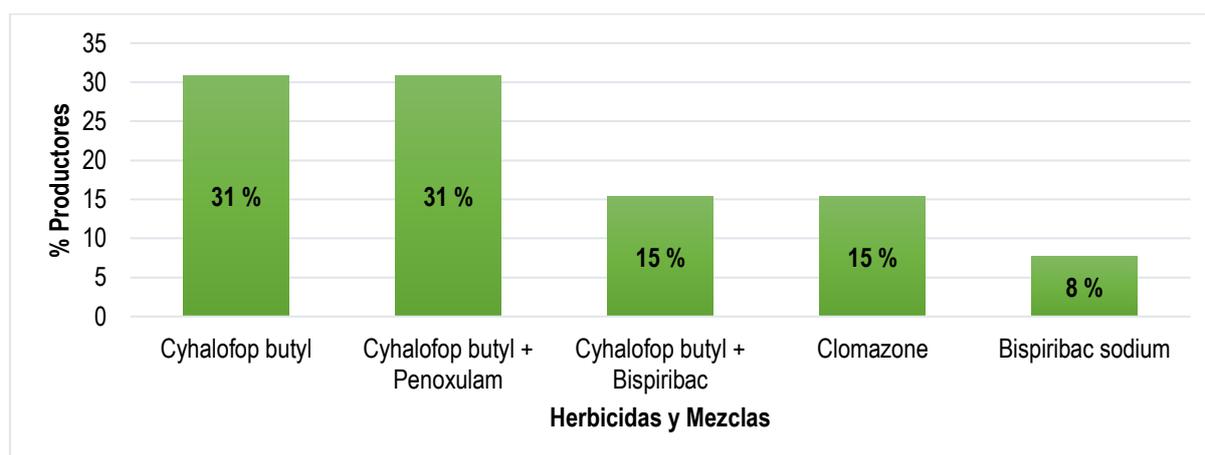


Figura 6. Tipos de herbicidas usados por los productores en el cantón Rocafuerte.

4.1.3. CANTÓN TOSAGUA

En la figura 7, se observa que el 50% de los encuestados, consideran que la paja blanca (*Leptochloa uninervia* L.), y el 20 % menciona al coquito (*Cyperus difformis* L.) que son las malezas que presenta las características de posible resistencia, el 20% corresponde a la caminadora (*Robellia exaltata* L.), y el 10% corresponde a poblaciones de grama (*Cynodon dactylon* L.) que la controlan fácilmente.

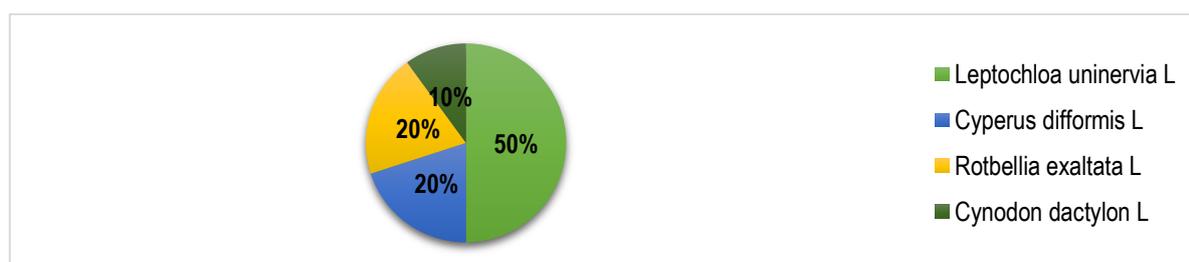


Figura 7. Productores con problemas de malezas en el cantón Tosagua.

La figura 8, muestra que el 50% de los productores utilizan el herbicida Cyhalofop butyl, el 30% usa Bispiribac sodium y el 20% corresponde a productores que realizan otros tipos de control.

Los productores de arroz realizan mezclas, para Taberner y Cirujeda (2007), no es recomendable técnicamente debido que al mezclar herbicidas con distintos mecanismo de acción puede suceder que se seleccionen biotipos con resistencias a ambas sustancias activas en los individuos supervivientes.

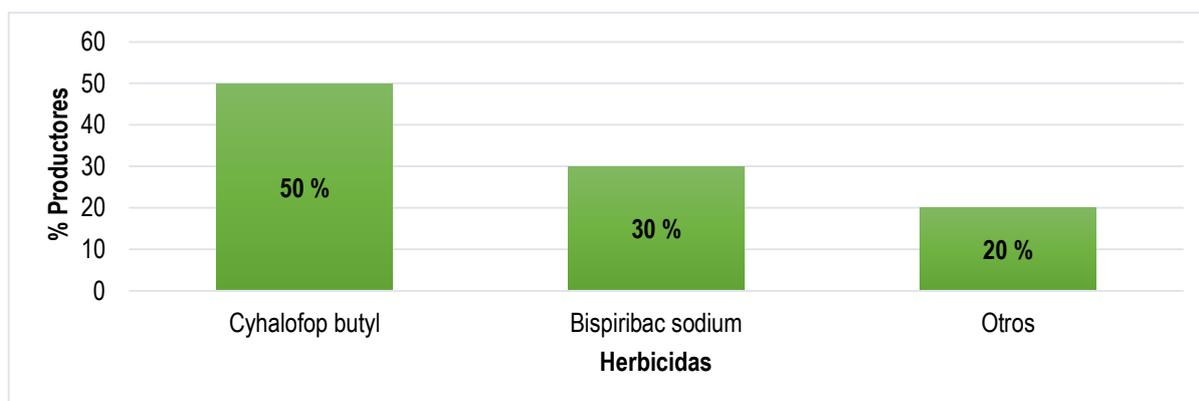


Figura 8. Tipos de herbicidas usados por los productores en el cantón Tosagua.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS CON POSIBLE RESISTENCIA EN EL CULTIVO DE ARROZ EN LOS CANTONES TOSAGUA, ROCAFUERTE Y SUCRE.

Como resultado de las encuestas realizada en la asociación de arroceros del cantón Sucre y productores de Tosagua y Rocafuerte; se escogieron cuatro lotes, siguiendo la metodología propuesta, se realizó el seguimiento a la aplicación del herbicida en cultivos establecidos, en cuanto; dosis, equipos, época y forma de aplicación.

En la tabla 4, se resumen los resultados de la identificación de malezas con posible resistencia, ya que fueron las especies que persistieron luego de control químico.

Tabla 4. Número de malezas recolectadas.

| Cantón | Lotes | Especies (n) | | Herbicidas (Dosis *L/ha) | |
|--------|-------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------|
| | | <i>Leptochloa uninervia.</i> | <i>Echinochloa crus-galli.</i> | Cyhalophop | Penoxulam |
| Sucre | L1 | 18 | 7 | 1.20 | 1.00 |
| | L2 | 26 | 13 | | |
| | L3 | 17 | 10 | | |
| | L4 | 35 | 11 | | |

| | | | | |
|------------|----|------|------|------|
| Tosagua | L1 | 245 | 1.20 | 1.00 |
| | L2 | 398 | | |
| | L3 | 407 | | |
| | L4 | 523 | | |
| Rocafuerte | L1 | 41 | 1.20 | 1.00 |
| | L2 | 49 | | |
| | L3 | 34 | | |
| | L4 | 31 | | |
| Total | | 1824 | 41 | |

En base a lo identificado en campo la *Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa crus-galli* son las malezas con posibles resistencia y con las cuales se continuó el estudio, esto concuerda con lo expresado por Ruiz (2005), quien afirma que desde la aparición del primer biotipo de *E. crus-galli* resistente a propanil en 1986 en Grecia, el número de biotipos resistentes se han incrementado exponencialmente hasta la actualidad. En algunos lotes persistieron poblaciones de Cyperáceas, estas no se seleccionaron ya que los productos que se utilizaron en esta investigación no eran los recomendados para el control de estas malezas.

Del material seleccionado y previo a los ensayos de dosis-respuesta se realizó un ensayo denominado screening que consistió en una prueba rápida de resistencia. Los resultados a los 7 días después de la aplicación de Cyhalophop, se observó que entre las doce poblaciones de *Leptochloa uninervia* L., colectadas en las tres localidades, mostraron daño fuerte según la escala ALAM, de igual manera esta categoría se evidencio en los 4 poblaciones de *Echinochloa crus-galli* L., en la localidad de Sucre (Figura 9).

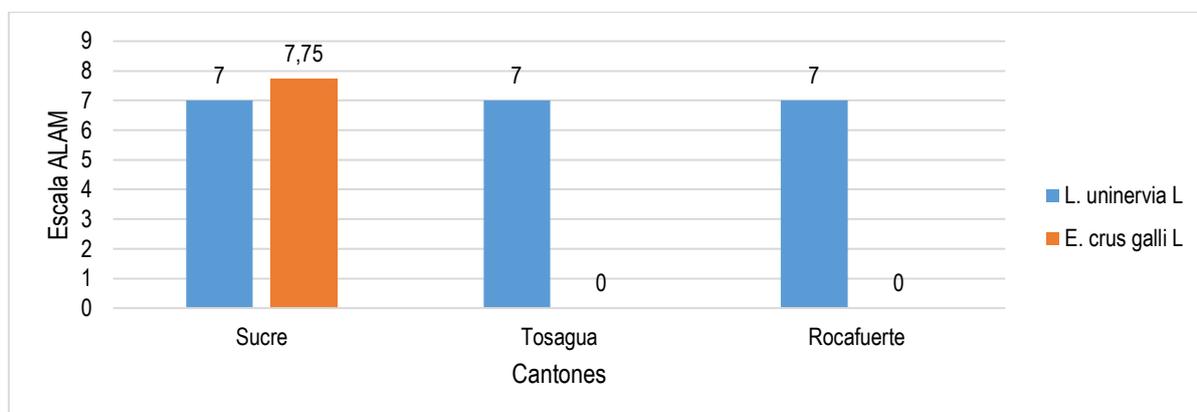


Figura 9. Efectos del herbicida inhibidor de la ACCasa (Cyhalofop butyl) en la población de *Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa crus-galli* a los 7 DDA.

La figura 10, muestra la susceptibilidad al Penoxulam a los 7 días después de la aplicación se pudo observar un daño ligero de 2, en los tres cantones, ya que este herbicida no es recomendable para *Leptochloa uninervia* L. Sin embargo, la población de *Echinochloa crus galli* presento un daño moderado de 5, por lo cual este herbicida es recomendado para este tipo de malezas.

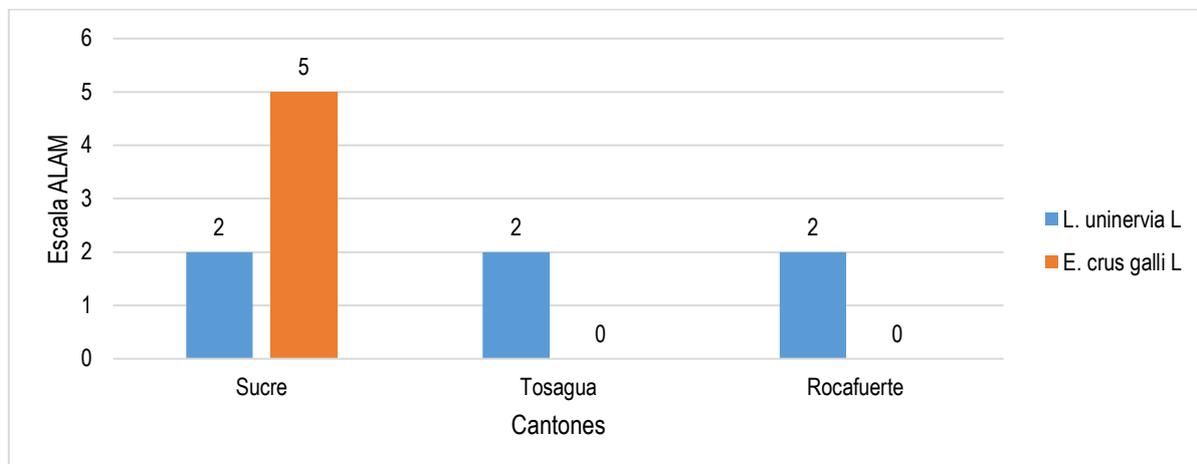


Figura 10. Efectos del herbicida inhibidor de la ALS (Penoxulam) en la población de *Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa crus-galli* L. a los 7DDA.

La figura 11, muestra la evaluación a los 14 días después de la aplicación de cyhalophop butyl, constatando que las poblaciones de *Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa cruz-galli* L. de las tres localidades presentaron tejidos necrosados y muerte total.

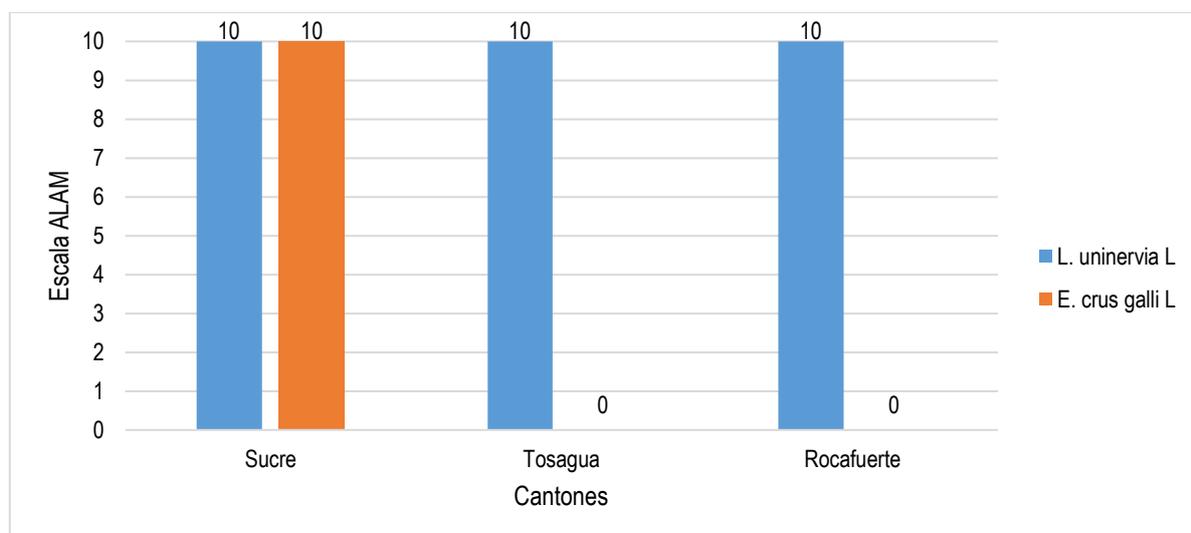


Figura 11. Efectos del herbicida inhibidor de la ACCasa (Cyhalofop butyl) en la población de *Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa cruz-galli* a los 14 DDA.

En la figura 12, se puede apreciar la efectividad del Penoxulam el cual fue efectivo para el control de la *Echinochloa cruz-galli* en el cantón Sucre, no así, para el control

de la *Leptochloa uninervia* L., que causó daño ligero de toxicidad en los tres cantones evaluados.

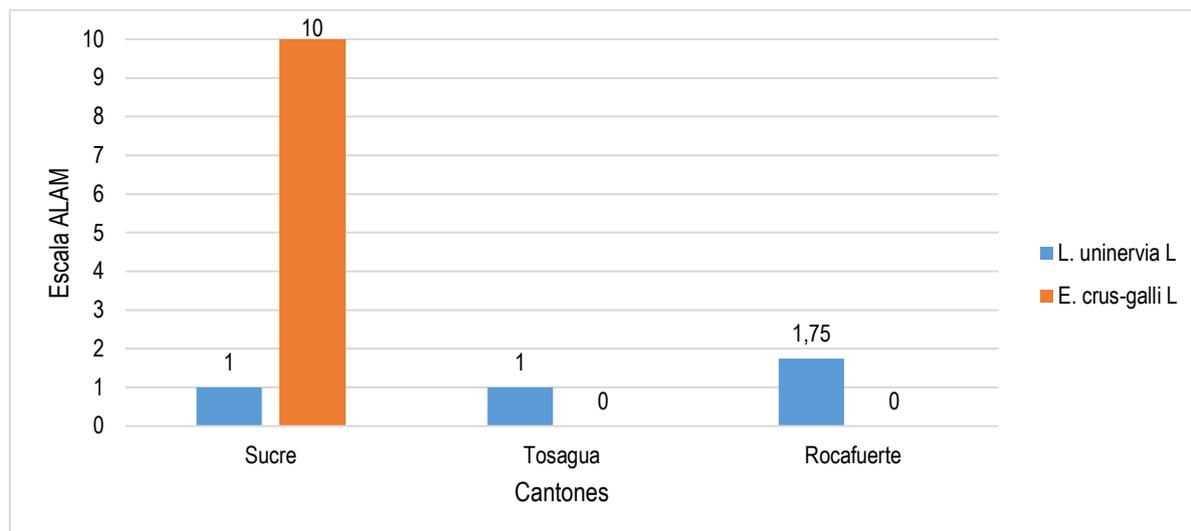


Figura 12. Efectos del herbicida inhibidor de la ALS (Penoxulam) en la población de *Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa crus-galli* L. a los 14 DDA.

En forma general, podemos señalar que al final de la evaluación del Screening hubo un control del 100 % de las malezas en estudio con la dosis comercial de Cyhalafop butyl y a continuación se procedió a realizar el ensayo dosis respuesta.

4.3. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LAS MALEZAS IDENTIFICADAS, CON HERBICIDAS POST-EMERGENTES SELECTIVOS EN EL CULTIVO DE ARROZ EN LOS CANTONES TOSAGUA, ROCAFUERTE Y SUCRE.

4.3.1. ALTURA DE MALEZA

En la tabla 5, de resultados se observan los valores promedios de altura de las malezas *Leptochloa uninervia* L. a los 7, 14 y 21 dda. El análisis de varianza, estableció diferencias significativas, a los 14 y 21 dda para los cantones Sucre y Tosagua y altamente significativas para Rocafuerte en estos periodos de evaluación. La prueba de significación de la variable altura a los 14 y 21 dda, determinó que la menor altura (cm) de malezas la obtuvieron con las dosis 3 y 4 de Cyhalafop butyl en los cantones Rocafuerte y Tosagua respectivamente.

Tabla 5. Comportamiento de la altura de malezas en relación con las diferentes dosis de Cyhalafop butyl a los 7, 14 y 21 DDA.

| Dosis (L/ha) | Altura de malezas 7 días | | | Altura de malezas 14 días | | | Altura de malezas 21 días | | |
|---------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| | Tosagua | Rocafuerte | Sucre | Tosagua | Rocafuerte | Sucre | Tosagua | Rocafuerte | Sucre |
| D1-0.15 | 8,67 | 5,77 | 9,10 | 7,33 | 6,77b | 8,43b | 9,00ab | 8,67b | 7,53 |
| D2-0.30 | 8,57 | 6,67 | 8,80 | 7,00 | 6,90b | 7,20a | 9,30ab | 8,47b | 8,77 |
| D3-0.60 | 8,37 | 7,20 | 9,33 | 6,90 | 6,10a | 7,13a | 9,77b | 7,13a | 8,77 |
| D4-1.20 | 7,13 | 7,10 | 8,87 | 6,33 | 6,10a | 7,13a | 7,77a | 7,13a | 8,77 |
| D5-2.40 | 6,77 | 7,00 | 8,77 | 5,20 | 6,10a | 7,13a | 8,00ab | 7,13a | 8,77 |
| D6-4.80 | 6,9 | 5,33 | 8,57 | 5,20 | 6,10a | 7,13a | 8,00ab | 7,13a | 8,77 |
| D7-9.60 | 8,9 | 5,57 | 7,43 | 5,20 | 6,10a | 7,13a | 8,00ab | 7,13a | 8,77 |
| Promedio | 7,90 | 6,38 | 8,70 | 6,17 | 6,31 | 7,33 | 8,55 | 7,54 | 8,59 |
| C.V. % | 10,48 | 14,5 | 11,07 | 20,86 | 3,64 | 5,38 | 7,47 | 4,88 | 8,28 |
| p-valor ANOVA | 0,024 ^{NS} | 0,113 ^{NS} | 0,369 ^{NS} | 0,219 ^{NS} | 0,001 ^{**} | 0,011 [*] | 0,011 [*] | 0,001 ^{**} | 0,333 ^{NS} |

^{NS} No significativo al 0.05; ^{*} Significativo al 0.05; ^{**}Significativo al 0,001

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

4.3.2. PESO FRESCO TOTAL

En la tabla 6, de resultados constan los valores promedio de peso fresco total (gr) de las malezas *Leptochloa uninervia* L., de las evaluaciones realizadas a los 7, 14 y 21 dda. El análisis de varianza, estableció diferencias significativas a los 7 dda para Sucre, y altamente significativa para las demás cantones. La prueba de significación, determinó el menor peso fresco total con las dosis 7, 4 y 3 para el cantón Sucre; y las dosis 6 y 4 para los cantones Tosagua y Rocafuerte respectivamente, en relación a la comparación de las dosis bajas que presentaron mayor peso.

Tabla 6. Relación del peso fresco con las diferentes dosis de Cyhalafop butyl a los 7, 14 y 21 DDA.

| Dosis (L/ha) | Peso Fresco 7 días | | | Peso Fresco 14 días | | | Peso Fresco 21 días | | |
|--------------|--------------------|------------|--------|---------------------|------------|-------|---------------------|------------|-------|
| | Tosagua | Rocafuerte | Sucre | Tosagua | Rocafuerte | Sucre | Tosagua | Rocafuerte | Sucre |
| D1-0.15 | 0,22 | 0,08 | 0,09b | 0,09b | 0,18ab | 0,08b | 0,20b | 0,20b | 0,07b |
| D2-0.30 | 0,25 | 0,19 | 0,07ab | 0,10b | 0,17ab | 0,08b | 0,28b | 0,18ab | 0,08b |
| D3-0.60 | 0,22 | 0,11 | 0,07ab | 0,11b | 0,26b | 0,07b | 0,30b | 0,25b | 0,00a |
| D4-1.20 | 0,15 | 0,14 | 0,05ab | 0,17c | 0,00a | 0,00a | 0,20ab | 0,00a | 0,00a |
| D5-2.40 | 0,17 | 0,13 | 0,06ab | 0,12bc | 0,00a | 0,00a | 0,19ab | 0,00a | 0,00a |
| D6-4.80 | 0,06 | 0,05 | 0,05ab | 0,00a | 0,00a | 0,00a | 0,00a | 0,00a | 0,00a |
| D7-9.60 | 0,08 | 0,06 | 0,04a | 0,00a | 0,00a | 0,00a | 0,00a | 0,00a | 0,00a |
| Promedio | 0,16 | 0,11 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,03 | 0,17 | 0,09 | 0,02 |
| C.V. % | 42,45 | 62,23 | 25,51 | 26,92 | 82,08 | 44,22 | 42,18 | 76,84 | 67,12 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| p-valor ANOVA | 0,032 ^{NS} | 0,226 ^{NS} | 0,025 [*] | 0,001 ^{**} |
|---------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|

^{NS} No significativo al 0.05; ^{*} Significativo al 0.05; ^{**} Significativo al 0,001

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

4.3.3. PESO SECO TOTAL

En la tabla 7, de resultados constan los promedios del peso seco total de la *Leptochloa uninervia* L., registrada en la evaluación a los 7, 14 y 21 dda. El análisis de varianza, determino diferencias altamente significativas para todos los cantones a los 14 y 21 dda, a excepción de Rocafuerte que no mostro diferencias a los 21 dda. La prueba de significación, estableció el menor peso seco total (gr) de la *Leptochloa uninervia* L. con las dosis 6 a los 14 y 21 dda para Tosagua, de igual forma con las dosis 4 y 3 para el cantón Sucre, en comparación a las dosis bajas.

Tabla 7. Relación del peso seco total con las diferentes dosis de Cyhalafop butyl a los 7, 14 y 21 DDA.

| Dosis (L/ha) | Peso Seco Total 7 días | | | Peso Seco Total 14 días | | | Peso Seco Total 21 días | | |
|---------------|------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|
| | Tosagua | Rocafuerte | Sucre | Tosagua | Rocafuerte | Sucre | Tosagua | Rocafuerte | Sucre |
| D1-0.15 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,05 ^b | 0,05 ^b | 0,04 ^b | 0,08 ^{ab} | 0,15 | 0,03 ^b |
| D2-0.30 | 0,08 | 0,05 | 0,04 | 0,06 ^b | 0,05 ^b | 0,04 ^b | 0,09 ^b | 0,05 | 0,03 ^b |
| D3-0.60 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,05 ^b | 0,07 ^b | 0,04 ^b | 0,12 ^b | 0,09 | 0,00 ^a |
| D4-1.20 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,07 ^b | 0,00 ^a | 0,00 ^a | 0,11 ^b | 0,00 | 0,00 ^a |
| D5-2.40 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,05 ^b | 0,00 ^a | 0,00 ^a | 0,10 ^b | 0,00 | 0,00 ^a |
| D6-4.80 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 ^a | 0,00 ^a | 0,00 ^a | 0,00 ^a | 0,00 | 0,00 ^a |
| D7-9.60 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,00 ^a | 0,00 ^a | 0,00 ^a | 0,00 ^a | 0,00 | 0,00 ^a |
| Promedio | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,04 | 0,01 |
| C.V. % | 37,15 | 41,96 | 30,14 | 30,38 | 51,64 | 23,9 | 40,67 | 127,45 | 53,91 |
| p-valor ANOVA | 0,094 ^{NS} | 0,152 ^{NS} | 0,071 ^{NS} | 0,001 ^{**} | 0,001 ^{**} | 0,001 ^{**} | 0,001 ^{**} | 0,024 ^{NS} | 0,001 ^{* *} |

^{NS} No significativo al 0.05; ^{*} Significativo al 0.05; ^{**} Significativo al 0,001

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

4.3.4. TOXICIDAD (ESCALA ALAM)

En la tabla 8, de resultados, se evidencian los valores promedios de la toxicidad en la maleza *Leptochloa uninervia* L., a los 7, 14 y 21 dda. Al efectuarse el análisis estadístico, se determinó diferencias altamente significativas en todos los cantones. La prueba de significación determino que las dosis 7 y 6 causaron muerte de las malezas en los cantones Tosagua y Sucre, a diferencia de la dosis 6 que provocó

daño fuerte según la escala ALAM en Rocafuerte en las evaluaciones a los 7 dda, mientras que con la dosis 4 se evidenció muerte en los cantones Rocafuerte y Sucre a excepción de Tosagua que presentó daño fuerte según la escala de ALAM en las evaluaciones a los 21 dda.

Tabla 8. Toxicidad determinada según escala visual de ALAM sobre las malezas *Leptochloa uninervia* L. a diferentes dosis de Cyhalafop butyl a los 7, 14 y 21 DDA.

| Dosis (L/ha) | Toxicidad 7 días | | | Toxicidad 14 días | | | Toxicidad 21 días | | |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Tosagua | Rocafuerte | Sucre | Tosagua | Rocafuerte | Sucre | Tosagua | Rocafuerte | Sucre |
| D1-0.15 | 2,10a | 2,00a | 4,43a | 5,23a | 2,20a | 5,20a | 2,57 ^a | 4,67 ^a | 2,57 ^a |
| D2-0.30 | 2,70a | 2,23a | 5,00b | 5,57a | 4,67b | 5,23a | 4,57 ^b | 4,57 ^a | 5,23 ^b |
| D3-0.60 | 4,70b | 2,33a | 5,70c | 8,00b | 5,43c | 8,57b | 5,00b | 5,00 ^a | 10,00c |
| D4-1.20 | 5,43bc | 5,13b | 7,43d | 8,23b | 8,23d | 10,00c | 7,57c | 10,00b | 10,00c |
| D5-2.40 | 5,67c | 5,57b | 8,57e | 8,70b | 10,00e | 10,00c | 8,00c | 10,00b | 10,00c |
| D6-4.80 | 8,23d | 7,80c | 10,00f | 10,00c | 10,00e | 10,00c | 10,00d | 10,00b | 10,00c |
| D7-9.60 | 10,00e | 8,57c | 10,00f | 10,00c | 10,00e | 10,00c | 10,00d | 10,00b | 10,00c |
| Promedio | 5,55 | 4,80 | 7,30 | 7,96 | 7,22 | 8,43 | 6,82 | 7,75 | 8,26 |
| C.V. % | 4,78 | 6,76 | 2,68 | 3,78 | 3,09 | 2,04 | 4,65 | 2,18 | 2,66 |
| p-valor ANOVA | 0,001 ^{**} |

^{NS} No significativo al 0.05; * Significativo al 0.05; Significativo al 0,001

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

En cuanto a la altura de maleza, estas experimentaron un decrecimiento con las dosis altas tanto a los 14 como a los 21 dda. Estos resultados, son diferentes a los obtenidos por Romero (2015), que con dosis similares de Cyhalofop butyl la malezas evidencio mayor altura.

En lo referente al peso fresco total, las malezas que obtuvieron rápida disminución a los 14 dda, aumentando drásticamente su peso a los 21 dda. El incremento del peso fresco total es indicio de la actividad fotosintética y se puede deducir que la planta puede llegar a culminar su ciclo, tal como lo reporta Ortiz *et al.*, (2013) en su investigación. El peso seco total a los 21 dda en las malezas, se elevó llegando a un promedio de 0,07 gramos. Al respecto Nievas (2018), menciona que con los datos de la biomasa seca queda confirmada la capacidad de las malezas para tolerar dosis por encima de la comercial recomendada a campo. Al contrario Macas (2009), confirma que la reducción de peso en las malezas se debe a la presencia del herbicida Cyhalafop butyl principalmente y cuando la dosis es proporcionalmente mayor.

En los resultados también se puede observar un retardo de la muerte de la malezas a los 21 dda, recalando que hay una tendencia a la tolerancia de Cyhalafop butyl cuando la dosis fue duplicada. Estos resultados difieren a lo expuesto por INIA (2002), citado por Romero (2017), cuyos estudios indican que los biotipos resistentes no presentan características morfológicas que permitan diferenciarlos de las plantas susceptibles y que sobreviven a dosis más altas que las recomendadas cuando existe este fenómeno.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El control de las malezas *Leptochloa uninervia* L., y *Echinochloa cruz-galli* L. en el cultivo de arroz se lo efectúa después del trasplante hasta los 30 días con herbicidas post-emergente selectivos, siendo el Cyhalafop butyl más utilizado por los agricultores.
- En base a lo identificado en los ensayos de campo, las malezas *Leptochloa uninervia* L. y *Echinochloa cruz-galli* L. presentaron resistencia a la dosis comercial del Cyhalafop butyl y Penoxulam.
- La maleza *Leptochloa uninervia* L. presente en el cultivo de arroz es susceptible a partir de la dosis comercial del Cyhalafop butyl en Tosagua, Rocafuerte y Sucre.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar el control de malezas en el cultivo de arroz, cuando las malezas presenten de 2 a 3 hojas verdaderas y aplicar el herbicida con la dosis comercial 1,20 L/ha de Cyhalofop butyl, además utilizar bombas con boquillas de aspersión uniforme (preferible boquillas de cono lleno), y regular el ph del agua a las exigencias del herbicida.
- Usar nuevos herbicidas, con modos de acción diferente, a los usados en la producción anterior, para que no se herede la tolerancia de un biotipo de maleza en el cultivo de arroz, es importante que el productor planifique y efectúe un buen control de malezas en su cultivo. Las malezas pueden controlarse mejor con una combinación de prácticas, por ejemplo una cuidadosa preparación del suelo antes de la siembra o al trasplante del arroz.

BIBLIOGRAFÍA

- Cárdenas, L. (2008). *Actividad herbicida de extractos de hongos de suelo de la sierra sur del Ecuador en semillas de malezas* (tesis de pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), (2010). *Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina*. Tomo I. Capítulo 1-24. Editor. Degiovanni, V. No. 370. Cali, CO. 487.
- Cerruffo, O. (2018). *Manejo de malezas en arroz de riego (Oryza sativa L.) sembrado con semilla pre-germinada, en la zona de Babahoyo* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.
- Del Monte, J y Cortés J. (2000). *Acerca de las especies del género Leptochloa, como malas hierbas de los arrozales y su distribución en España*. Madrid, España: Universidad de Florida. Recuperado de <http://extension.ifas.ufl.edu.es>
- Diaz de Ulzurum, P. (2013). *Modos de acción herbicida*. Santa Fe, Argentina: Editorial Ren – Aapresid.
- Dow AgroSciences, (2017). *Herbicidas Clincher (Reg N°: 087-H1-SESA-U), Bengala Post (Reg No.: 203 - H1 / NA)*. Recuperado de <http://www.dowagro.com>
- Esqueda, V. y Tosquy, O. (2009). Efecto de cihalofop-butilo en el control de malezas gramíneas anuales en arroz de temporal. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), 173 -178. doi: 10.15517/am.v15i2.11897
- _____, (2013). Control químico de *Echinochloa colona* L. resistente al propanil y *Cyperus iria* L. en arroz de temporal en tres valles, Veracruz. *Dialnet*, 29(2). 113-121.
- Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). (2003). *Guía para el establecimiento y monitoreo del cultivo de arroz*. Recuperado de <http://www.fontagro.org>
- Fischer, A. y Valverde, B. (2005, 1 de diciembre). Evolución de resistencia a herbicidas, diagnóstico y manejo en malezas del arroz. *Scielo*. Recuperado de <https://www.scielo.org>

- Fundación Chile, (2011). *Manual de recomendaciones cultivo de arroz inundado desde siembra*. Recuperado de <http://www.fundacionchile.com>
- Heap, I. (2014). Criteria for Confirmation of Herbicide-Resistant Weeds. *Weed Science*, Recuperado de <http://www.weedscience.com>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP), (2014). *Cultivo de arroz*. Recuperado de <http://www.iniap.gob.ec>
- Macas, L. (2009). *Determinación de la Persistencia biológica y química de los herbicidas 2,4-D Amina, Butaclor, Pyrazosulfuron Ethyl en el cultivo de arroz en la zona de Daule, Provincia del Guayas* (tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
- Moquete, C. (2010). *Guía Técnica. El Cultivo de Arroz*. Santo Domingo, República Dominicana: Editorial CEDAF.
- Nievas, L. (2018). *Evaluación de resistencia a Herbicidas hormonales y Glifosato de un biotipo naturalizado de Brassica rapa L* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Nieve, N., Peterson, P., Romaschenko, K. y Simon, B. (2018). *Diplachne* (Poaceae, Chloridoideae, Cynodonteae) (tesis de posgrado). Departamento de Botánica MRC-166, Museo Nacional de Historia Natural, Washington, EE.UU.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2004). *Manejo de Malezas para países en desarrollo. Addendum 1*. (120). Recuperado de <http://www.fao.org>
- Ortiz, A., Blanco, S., Arana, G., López, L., y Torres, S. (2013). Estado actual de la resistencia de *Ischaemun rugosum* Salisb. al herbicida Bispiribac-Sodio en Venezuela. *Bioagro*, 25(2), 79-89. Recuperado de <http://www.biagro.com>
- Pazmiño, M. (2013). *Degradación del herbicida Quinclorac mediante método de oxidación avanzada* (tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

- Poveda, G. y Andrade, C. (2018). Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (1988-7833), 40. Recuperado de <http://www.eumed.net>
- Ramírez, J. (2014). *Dinámica poblacional de malezas del cultivo de arroz en las zonas centro, meseta y norte del departamento de Tolima* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Romero, E. (2017). *Herbicida coformulado Cyhalofop butil + Penoxsulam para el control de malezas en arroz (Oryza sativa L.) en la zona de Babahoyo* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.
- Romero, R. (2015). *Respuestas de diferentes poblaciones de Leptochloa spp a las aplicaciones de Herbicidas inhibidores de ACC asa utilizados en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Ruiz, S. (2005). Caracterización y control de Echinochloa spp. Resistente a herbicidas en arroz. *Phytoma*. 16(173), 20. Recuperado de <http://www.phytoma.com>
- Taberner, A. y Cirujeda, A. (2007). Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas: 100 preguntas sobre resistencias. En FAO (2007). *Manejo de malezas para países en desarrollo* (67). Roma. Editado por Labrada, R. doi: TC/D/A1422S/1/11.07/500
- Torres, S. y Ortiz, A. (2017). Mecanismos de resistencia de paja rugosa (*Ischaemum rugosum* Salisb.) al herbicida Bispiribac-Sodio en el cultivo de arroz. *Bioagro*, 29(2), 95-104. Recuperado de <http://www.redalyc.org>
- Valverde, B. (2004). Manejo de la resistencia a los herbicidas en los países en desarrollo. En FAO (Ed.), *Manejo de Malezas para países en desarrollo*. (pp. 120). Roma: Editado por Labrada, R. Recuperado de <http://www.fao.org>
- Valverde, B., Riches, C., y Caseley, J. (2000). *Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en América Central con Echinochloa colona*. San José, Costa Rica: Editorial Oñoro, T.

Zambrano, J. (2016). *Efecto de diferentes mezclas de herbicidas en el control de las principales malezas nocivas asociadas al cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador.

ANEXOS

4.1.2 Encuesta sobre la resistencia a herbicidas en Aragón (2005)

Nombre: _____

Zona de trabajo: _____

1. ¿Ha oído hablar de la resistencia a herbicidas? SI NO
2. ¿Considera Ud. que hay problemas de malezas resistentes a los herbicidas que suelen emplear los agricultores de su zona? SI NO No sé
3. ¿Cree que no hay resistencias sino malas aplicaciones?
 Resistencias Malas aplicaciones Las dos
4. ¿En qué cultivos?
5. ¿Desde cuándo?
6. ¿Qué malezas? (Indicar nombre vulgar o científico si se conoce)
7. ¿A qué productos?
8. ¿En qué términos municipales?
9. ¿Cree que está extendido el problema o está muy localizado?
 Extendido Localizado
10. ¿Qué superficie aproximada considera afectada?
 Rodales, manchas 1-10 ha 10-50 ha > 50 ha
11. ¿Cómo resuelven el problema de la resistencia? ¿Se han tomado algún tipo de medidas? ¿Cuáles?
12. ¿Cree que representa un grave problema?
13. ¿Cree que el agricultor tiene suficiente información sobre estos problemas?
14. ¿Conoce los folletos editados por el CPRH (Comité de Prevención de Resistencia a Herbicidas)? SI NO
15. Otros comentarios sobre el tema:

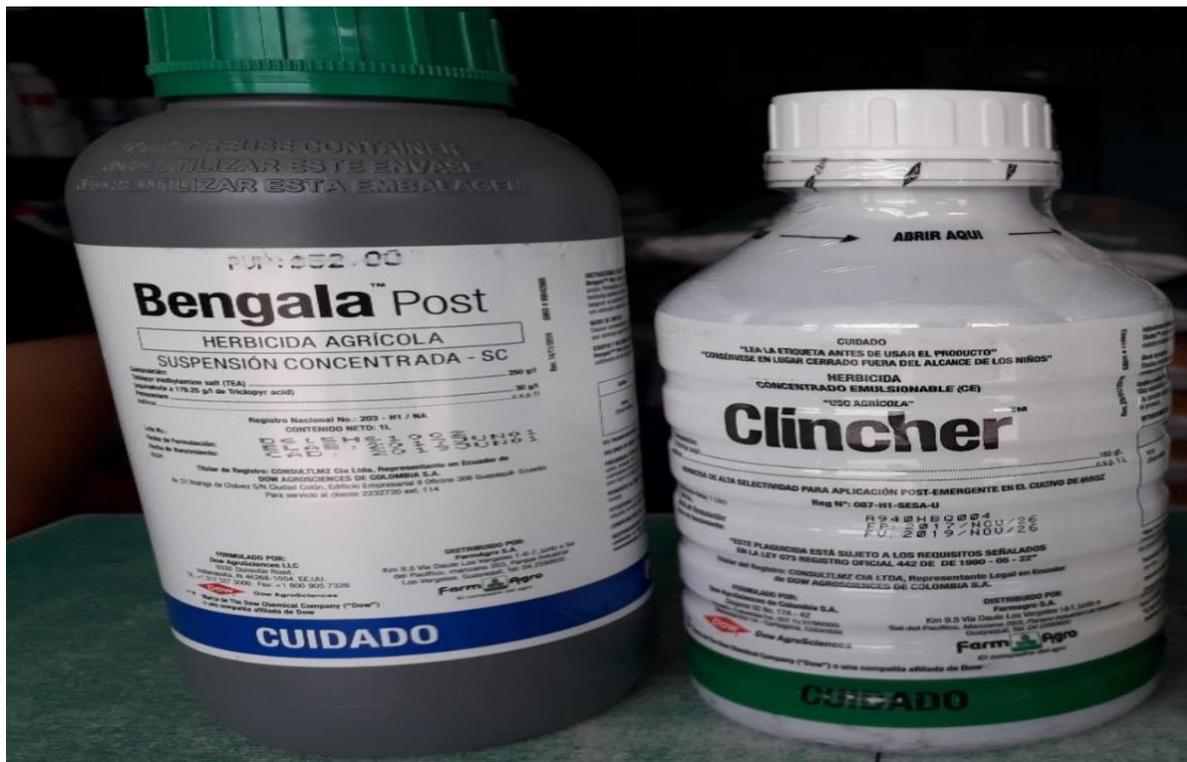
Por favor, una vez contestada la encuesta, envíela por correo electrónico.

|  ESPAMMFL ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ | |  Colegio de INGENIERÍA AGRÍCOLA | |
|--|------------------------------------|---|---|
| <p>Estimado agricultor el objetivo de esta entrevista es: Identificar las malezas resistentes a herbicidas en el cultivo de arroz en su lote; por lo que le solicito su apoyo para lograr recabar la información que a continuación le solicito.</p> | | | |
| 1) Datos informativos | | | |
| Fecha: | Propietario: | Encuesta: | |
| Cantón: | Nombre de la finca: | Responsable: | |
| Parroquia: | Area dedicada al cultivo de arroz: | Observación: | |
| Recinto/Comunidad: | Edad del cultivo: | | |
| 2) Diagnostico | | | |
| En el lote, ¿Considera que hay problemas de malezas resistentes a los herbicidas? | | | SI <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> |
| Que tipos de malezas se observan en el cultivo? (Indicar nombre vulgar o científico si se conoce) | | | |
| De todas las malezas, ¿Cuál es la más resistentes a la aplicación de herbicidas? | | | |
| ¿Cuáles son los herbicidas que usted utiliza? (Indicar la dosis y si realiza mezcla) | | | |
| ¿En que etapa del cultivo realiza la aplicación de herbicidas? | | | |

ANEXO 2. Encuesta de la FAO modificada para recabar información acerca del control actual de Herbicidas.



ANEXO 3. Identificación de las malezas en los cultivo de arroz.



ANEXO 4. Productos con los cuales se realizaron las respectivas aplicaciones en los diferentes lotes de los productores.



ANEXO 5. Aplicación de herbicida en el cultivo de arroz.



ANEXO 6. Recolección de material para el respectivo ensayo en el vivero de la institución de la ESPAM "MFL".



ANEXO 7. Semilla de *Letchocloa univervia* L.



ANEXO 8. Colocación de los tratamientos para el ensayo screening.



ANEXO 9. Germinación del material en estudio.



ANEXO 10. Efecto después de la aplicación del herbicida.



ANEXO 11. Llenado de los vasos para la respectiva aplicación.



ANEXO 12. Rotulado de los vasos para su respectiva identificación de los lotes en estudio.



ANEXO 13. Sembrado de las malezas para posteriormente realizar la aplicación del herbicida.



ANEXO 14. Germinación de las malezas en estudio.



ANEXO 15. Malezas lista para la respectiva aplicación de herbicida.



ANEXO 16. Pasos para medir la altura de las malezas para luego llevarlas a estufa.



ANEXO 17. Pasos para medir las diferentes dosis del herbicida para el ensayo.



ANEXO 18. Efecto del herbicida luego de la aplicación.



ANEXO 19. Peso de las malezas después de pasar por la estufa.