



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter  
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,  
como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas”.

**AUTOR:**

Edgar Steven Moreno Campuzano

**TUTOR:**

Ing. Agr. Dalton Cadena Piedrahita, MAE.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2021

## RESUMEN

El presente documento detalló sobre el manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. Por el tema planteado se determinó que en las provincias de Guayas y Los Ríos se ha notado la resistencia a los herbicidas inhibidores de la enzima ACC-asa a la maleza *Leptochloa* sp. lo que ha ocasionado que le aplique dosis elevada para que le cause daño, siendo una limitante para los productores de arroz; los herbicidas que causan mayor resistencia frente a un complejo de malezas son los que pertenecen al grupo de los inhibidores ALS (acetolactato sintasa) o a ACC-asa (acetil-coenzima A carboxilasa); cuando existe más diversidad de malezas en los cultivos, existe mayor riesgo de generar resistencia por la probabilidad de generar ineficiencias de control, lo que se atribuye a las técnicas de baja eficacia, uso incorrecto de dosis y equipos y escaso o nulo control en espacios no cultivados como bordes y caminos del cultivo es uno de los factores que también pueden aumentar las formas de resistencia al control de malezas; es necesario cambiar de herbicida utilizar otro que actúe sobre un sitio de acción diferente, a fin de retardar la evolución de resistencia de las malezas a ciertos herbicidas y las buenas prácticas agrícolas son fundamentales en el manejo integrado de malezas, especialmente cuando se sospeche de la existencia de poblaciones resistentes a herbicidas.

Palabras claves: resistencia, herbicidas, malezas, cultivos.

## SUMMARY

This document detailed the management of herbicide resistant weed populations. Due to the issue raised, it was determined that in the provinces of Guayas and Los Ríos, resistance to herbicides inhibitors of the ACC-asa enzyme to the weed *Leptochloa* sp. Has been noted. what has caused him to apply high doses to cause harm, being a limitation for rice producers; the herbicides that cause greater resistance against a weed complex are those belonging to the group of inhibitors ALS (acetolactate synthase) or ACC-asa (acetyl-coenzyme A carboxylase); When there is more diversity of weeds in crops, there is a greater risk of generating resistance due to the probability of generating control inefficiencies, which is attributed to low efficiency techniques, incorrect use of doses and equipment and little or no control in non-existent spaces. cultivated as borders and paths of the crop is one of the factors that can also increase the forms of resistance to weed control; It is necessary to change the herbicide to use another that acts on a different site of action, in order to slow the evolution of resistance of weeds to certain herbicides and good agricultural practices are essential in integrated weed management, especially when suspicion of the existence of herbicide resistant populations.

Keywords: resistance, herbicides, weeds, crops.

## CONTENIDO

|  |     |
|--|-----|
| RESUMEN .....                                  | ii  |
| SUMMARY .....                                  | iii |
| INTRODUCCIÓN .....                             | 1   |
| CAPÍTULO I .....                               | 3   |
| MARCO METODOLÓGICO .....                       | 3   |
| 1.1. Definición del tema caso de estudio ..... | 3   |
| 1.2. Planteamiento del problema .....          | 3   |
| 1.3. Justificación .....                       | 4   |
| 1.4. Objetivos .....                           | 4   |
| 1.4.1. General .....                           | 4   |
| 1.4.2. Específicos .....                       | 4   |
| 1.5. Fundamentación teórica .....              | 5   |
| 1.6. Hipótesis .....                           | 17  |
| 1.7. Metodología de la investigación .....     | 17  |
| CAPÍTULO II .....                              | 18  |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....           | 18  |
| 2.1. Desarrollo del caso .....                 | 18  |
| 2.2. Situaciones detectadas .....              | 18  |
| 2.3. Soluciones planteadas .....               | 19  |
| 2.4. Conclusiones .....                        | 19  |
| 2.5. Recomendaciones .....                     | 20  |
| BIBLIOGRAFÍA .....                             | 21  |

## INTRODUCCIÓN

La maleza es toda planta que crece fuera de su sitio e invade a otro cultivo en el cual causa más perjuicio que beneficio; se caracterizan por su capacidad para sobrevivir en condiciones ambientales adversas, donde son comunes las de hoja ancha y hoja angosta, gramíneas y ciperáceas (Gómez, 2016).

Las malezas, considerada también como “plagas de los cultivos”, están en directa competencia con los mismos por los recursos ambientales y energéticos que ambos necesitan para su propia supervivencia. Las plagas (malezas) atentan contra un sistema tecnológico que exige una alta eficiencia en la producción de alimentos y fibra para el consumo humano. Las pérdidas económicas más significativas y los costos más elevados para su control ocurren asociadas a las áreas cultivadas, en donde compiten por nutrientes, agua, luz y espacio. Además, entorpecen las tareas de la cosecha, desvalorizan el producto final y lo encarecen dado que para su control deben invertirse sumas importantes, siendo en consecuencia no solamente un problema para el productor sino que su presencia perjudica, en última instancia, al consumidor (Fernández, 2017).

En las tres últimas décadas se han desarrollado herbicidas cuya eficacia, actividad biológica y selectividad ha ido mejorando en el transcurso del tiempo, constituyéndose como una herramienta importante para manejar económicamente a un cultivo. El mal uso de los herbicidas ha causado la resistencia de las malezas a estos productos.

Al aplicar un herbicida se crean artificialmente condiciones ambientales negativas extremas para la vegetación en general; cuando se utiliza herbicidas de acción total o bien sólo para las malezas es cuando se emplea herbicidas selectivos, lo que implica que dentro de una comunidad o dentro de la población de una especie con una gran diversidad, existen algunos genotipos, eventualmente, que pueden sobrevivir frente a esa agresión. Si este ambiente, artificialmente generado, persiste y/o se reitera en el tiempo, se logrará una

reducción significativa en la frecuencia de los genotipos susceptibles y un incremento de los tolerantes y/o de los resistentes (Papa, 2002).

El presente documento obtuvo información sobre el manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **1.1. Definición del tema caso de estudio**

El presente documento detalló sobre el manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas.

La resistencia a herbicidas se define como “la habilidad inherente de una planta de sobrevivir y reproducirse después de estar expuesta a una dosis de herbicida que normalmente resulta letal al tipo silvestre. La resistencia a los herbicidas que inhiben la enzima acetolactato sintasa (ALS) tiene mayor incidencia, seguida por la resistencia a herbicidas basados en triazinas. La resistencia al glifosato se registró por primera vez antes del desarrollo de los cultivos resistentes al glifosato y fue resultado de una exposición repetida y exclusiva del producto para el control de la vegetación (Shaw et al. 2015).

### **1.2. Planteamiento del problema**

Los agricultores, a nivel mundial, nacional y local enfrentan muchos problemas durante el desarrollo y crecimiento de los cultivos, entre los que se destacan problemas de insectos – plagas, escasa nutrición y deficiente manejo de malezas, lo que muchas veces les causa pérdidas o bajos rendimiento de sus cosechas.

Las malezas o malas hierbas son aquellas plantas indeseables que compiten con los cultivos por agua, luz y nutrientes, por tanto es necesario realizar controles adecuados que permitan disminuir su infestación, que muchas veces esta labor se ha disminuido con el tiempo por el uso reiterado de los mismos herbicidas en el mismo cultivo o por elevadas dosis de aplicación, es decir por la acción de malas prácticas agronómicas.

Complementado a ello, los herbicidas con el mismo modo de acción

desarrollan “resistencia” por su alta residualidad en el suelo, y elevada población de malezas y frecuencia general de plantas de resistencia debido a los genes.

### **1.3. Justificación**

Las malezas son especies vegetales que se adaptan al entorno, crecen en forma natural y tienen alto poder germinativo y de dispersión, creciendo en forma agresiva lo que impide el desarrollo normal de las especies cultivadas, ocasionando pérdidas en el rendimiento y produciendo plantas de mala calidad.

El manejo y selección de los herbicidas es parte de una tecnología adecuada de control de malezas que consiste en aplicar dosis y productos adecuados dependiendo el tipo de malezas y nivel poblacional, porque las sobredosis imponen mayor presión de selección y aceleran una evolución de resistencia.

Es necesario concientizar a los agricultores sobre el uso de herbicidas porque las malas prácticas agrícolas dan lugar a la aparición de las malezas resistentes y tolerantes provocando una menor eficacia de las tecnologías de protección de cultivos.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. General**

Detallar información referente al manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas.

#### **1.4.2. Específicos**

1. Verificar los mecanismos de acción de los herbicidas y su incidencia en las malezas.
2. Estudiar el manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas.

## 1.5. Fundamentación teórica

Según Menalled (2017):

La agricultura puede ser definida como el proceso mediante el cual el ser humano modifica las comunidades vegetales con el fin que un pequeño grupo de especies, a las que llamamos cultivos, produzcan alimentos, fibras, o energía. Dentro de este contexto, las malezas han sido tradicionalmente vistas como aquellas otras especies vegetales que, aunque no hayan sido sembradas, están presentes en el agroecosistema.

Heap (2017) sostiene:

El Estudio internacional de malezas resistentes a herbicidas (The International Survey of Herbicide-Resistant Weeds) controla la emergencia y la distribución de las malezas resistentes a herbicidas a nivel mundial, y puede ser una herramienta de utilidad para la identificación de las peores malezas resistentes a herbicidas que afectan a la agricultura en la actualidad. Actualmente existen 360 biotipos de malezas que han desarrollado resistencia a los herbicidas en 59 países.

Vitta *et al.* (2016) reportan que:

En el caso de las malezas, ciertas nociones de demografía han influenciado históricamente la realización de distintas prácticas agronómicas. Por ejemplo, determinadas medidas culturales han tenido como objetivo central contener o reducir el tamaño de las poblaciones de malezas, ya sea maximizando la mortalidad o minimizando la fecundidad de las mismas. La importancia de esos conocimientos ha ido decreciendo simultáneamente con la modernización de la agricultura, de la mano de la ciencia y la tecnología.

Tuesca *et al.* (2018) señalan que:

Los niveles de pérdida causados por las malezas pueden oscilar entre 0 y 30% para especies poco agresivas con bajos niveles de infestación

hasta un 80% para malezas más competitivas, en densidades muy altas y frecuentemente coexistiendo con el cultivo durante todo su ciclo.

Robles y De la Cruz (2016) agregan que:

La maleza puede ser controlada en forma mecánica, cultural, biológica o química. El control químico de la maleza se realiza por medio de la aplicación de herbicidas y es una de las principales herramientas en la agricultura moderna. Sin embargo, el uso de herbicidas requiere de conocimientos técnicos para la elección correcta y aplicación eficiente y oportuna de estos productos.

Tuesca *et al.* (2018) relatan que:

En los agroecosistemas la presencia de malezas interfiere dificultando las tareas de siembra y cosecha y generando pérdidas de rendimiento por competencia con los cultivos. La magnitud de estas pérdidas varía en función de la interacción de numerosos factores tales como la composición de la comunidad de malezas, la abundancia relativa de cada una de las especies que la integran, las condiciones ambientales, la modalidad de conducción del cultivo, entre otros.

Menalled (2017) aclara que:

Ubicándose en el mismo nivel trófico que los cultivos, las malezas tienen la capacidad de competir por los nutrientes, el agua y la luz, perjudicar la cantidad y calidad de la producción agrícola, interferir en las labores de cosecha, y hospedar enfermedades e insectos plaga. Por ello, es común definir a las malezas como “plantas indeseables” o “plantas fuera de lugar”.

Ghersa y Ferraro (2017) refieren que:

Actualmente la mayor parte de las cosechas de grano están provistas por sistemas de producción agrícola permanente. Esto ha inducido el reemplazo de especies y la selección de fenotipos nuevos en las poblaciones de las malezas que acompañan los cultivos. Estos cambios se manifiestan a través de un incremento en las fallas en el control

químico, debido a que las especies escapan, aumentan la tolerancia o resisten a los controles. En respuesta a estos problemas los agricultores han incrementado las dosis, la frecuencia de aplicación de herbicidas y el abanico de productos utilizados.

Taberner (2017) afirma que:

Los herbicidas, a fin de que puedan conseguir mantener de forma sostenible al cultivo con los niveles de infestación de malas hierbas que se desea, deben ser complementados con «algo» más. Las malas hierbas tienen una gran capacidad de adaptación a la tecnología usada por el agricultor para mantener limpios sus campos. Además, cada especie tiene un comportamiento distinto frente a la actividad de un determinado herbicida.

Robles y De la Cruz (2016) plantean que:

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.

Papa (2002) argumenta que:

Al aplicar un herbicida lo que hacemos, en realidad, es crear artificialmente condiciones ambientales negativas extremas para la vegetación en general, cuando usamos herbicidas de acción total o bien sólo para las malezas cuando empleamos herbicidas selectivos. Dentro de una comunidad o dentro de la población de una especie existe, en general, una gran diversidad lo que implica que algunos genotipos, eventualmente, puedan sobrevivir frente a esa agresión.

Para Vitta *et al.* (2016)

La mayor dependencia de herbicidas, y en particular de aquellos de amplio espectro y alta eficacia, provoca que dichos conocimientos sean cada vez menos significativos. En muchos casos, la pérdida de

esos conocimientos populares no ha sido compensada con la aplicación de conocimientos ecológicos generados científicamente.

Menalled (2017) comenta que:

Si bien es cierto que a corto plazo las políticas de manejo de malezas centradas en el uso herbicidas han sido exitosas en términos de producción, eficiencia, y simplicidad; esta aproximación al manejo de las malezas ha sido altamente criticada por su alto costo ambiental, social, y económico.

Vitta *et al.* (2016) mencionan que:

El éxito en los programas de manejo de malezas depende en gran medida de la capacidad de predecir diferentes aspectos de la fenología del cultivo y de la maleza, como, por ejemplo, la emergencia de plántulas y vástagos o el crecimiento y desarrollo comparativo de las especies y su efecto sobre la competencia. Si bien la racionalidad de esta aproximación es comúnmente aceptada en el ámbito científico, su aplicación efectiva no ha sido significativa hasta el presente. Pese a ser criticado desde un punto de vista ambiental, económico y ético, el control, especialmente mediante herbicidas, es el paradigma actual en el cual se basa la reducción de las poblaciones de malezas.

Valverde *et al.* (2018) consideran que:

Las rotaciones de herbicidas basadas en estos mismos criterios también atenúan la presión de selección. Los herbicidas persistentes imponen una mayor presión de selección que los no persistentes. La disminución de las dosis de herbicida puede agravar en vez de disminuir los problemas de resistencia, porque puede propiciar la selección de resistencia poligénica, es decir, la resistencia que depende de más de un gene y se manifiesta como un incremento progresivo en el grado de resistencia de la planta de una generación a la siguiente.

Valverde *et al.* (2018) informan que:

Las características de la maleza y del herbicida influyen en la tasa de

evolución de la resistencia. En el caso de la maleza, las características más importantes son la frecuencia de genes, el tamaño y la viabilidad del banco de semillas del suelo y la adaptabilidad al medio; en el herbicida se deben considerar factores como eficacia, dosis, frecuencia de aplicación y persistencia en el suelo.

Menalled (2017) indica que:

En respuesta a estos costos ambientales, sociales, y económicos se ha generado un consenso sobre la necesidad de desarrollar programas alternativos de manejo de malezas basados en las siguientes premisas. Primero, es necesario reducir la dependencia de insumos energéticos no-renovables en los sistemas agrícolas. Segundo, se debe incrementar el uso de procesos ecológicos que disminuyan la abundancia y/o el impacto de las malezas. Tercero, los programas de manejo de malezas deben ser desarrollados como un componente más de los sistemas de producción agrícolas. Finalmente, es necesario mantener o mejorar la productividad de los cultivos, los ingresos económicos de los productores, y la calidad del ambiente.

De Prado y Cruz (2015) expresan que:

La presión selectiva, impuesta por la aplicación continuada de herbicidas que caracteriza a los modernos sistemas de producción agrícola, es posible el desarrollo de biotipos de malas hierbas que dejan de ser controlados por un determinado producto al que originalmente eran susceptibles. Tal respuesta se conoce generalmente como resistencia, siendo una característica adquirida por una población (biotipo) de una especie que carecía de ella y ha sido definida por la HRAC la habilidad/aptitud heredable de una especie vegetal a sobrevivir y reproducirse después del tratamiento de un herbicida a dosis normalmente letales para la misma especie susceptible.

Ghera y Ferraro (2017) exponen que:

Estas medidas, que apuntan a resolver las ineficiencias en el control de

malezas, han acentuado en términos generales el problema de la reestructuración de las comunidades de malezas y el de la selección de poblaciones resistentes a los herbicidas. Ejemplos paradigmáticos de este proceso son la resistencia a glifosato y atrazina, dos de los herbicidas que se usan con mayor frecuencia.

Valverde *et al.* (2018) explican que:

En la práctica, la presión de selección depende de la dosis de herbicida utilizada, su eficacia y la frecuencia de aplicación. Por lo tanto, se puede disminuir la presión de selección mediante la aplicación de mezclas de herbicidas con diferentes mecanismos de acción y de degradación, que sean eficaces contra el mismo espectro de malezas.

Valverde *et al.* (2019) estiman que:

Más de 200 especies de malezas han evolucionado resistencia a herbicidas; en América Latina se han documentado 17 casos de resistencia. Catorce especies de malezas asociadas al cultivo del arroz son resistentes a herbicidas, principalmente a sulfonilureas y 2-4D. *Echinochloa colona*, ha evolucionado resistencia a propanil y fenoxaprop, y *E. crus-galli* a propanil, tiobencarbo y butacaclor.

Ghersa y Ferraro (2017) difunden que:

Las poblaciones de malezas resistentes a herbicidas pueden tomar gran importancia, infestando totalmente los lotes y derivando en la ineficacia del control químico como herramienta de manejo. A partir del reconocimiento de esos problemas, en diversos foros se han propuesto diversas medidas orientadas a reducir el reemplazo de poblaciones susceptibles por resistentes a herbicidas y la presión de selección hacia fenotipos resistentes.

Valverde *et al.* (2018) determinan que:

Resistencia es la capacidad hereditaria natural de algunos biotipos dentro de una población para sobrevivir y reproducirse después del tratamiento con un herbicida que, bajo condiciones normales de empleo,

controla efectivamente esa población de maleza.

Taberner (2017) destaca que:

Debe evitarse una repetición excesiva de la metodología utilizada para controlar las malas hierbas, evitando problemas secundarios que tienen los herbicidas en su control, como son las resistencias, las inversiones de flora y la generación de residuos en el medio. Así, de emplearse herbicidas, aunque no se deba descartar un empleo adecuado de los mismos, éstos deben ser complementados preferentemente con métodos no químicos de manera que se realice de la forma más completa posible, un manejo Integrado de las malas hierbas.

Ghera y Ferraro (2017) describen que:

Las rotaciones de cultivos, la utilización de secuencias de distintos herbicidas con modo de acción diferente, y la combinación en mezcla aparecen como tácticas para resolver el problema de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. Sin embargo, es importante considerar que estas herramientas en sentido general no resuelven el problema si no se consideran varios aspectos relacionados con los factores que controlan la selección de fenotipos resistentes a los herbicidas

De acuerdo a Valverde *et al.* (2018)

La evolución de la resistencia está íntimamente relacionada con la heredabilidad de los genes responsables de esa resistencia y con las características reproductivas y de polinización de cada especie de maleza, así como con la adaptabilidad al medio de las poblaciones resistentes.

Menalled (2017) considera que:

La selección de biotipos de malezas resistentes a herbicidas, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, los problemas de salud de agricultores y consumidores, la disminución de la riqueza florística, el incremento de los costos de producción, y el flujo de genes entre cultivos y malezas son algunos de los problemas asociados al sobreuso de herbicidas.

Valverde *et al.* (2018) comentan que:

En algunos casos, los individuos resistentes están menos adaptados al medio en ausencia del herbicida que las plantas normales o susceptibles. Esta pérdida de adaptabilidad puede percibirse como un descenso en la eficiencia fisiológica de un proceso como la fotosíntesis, menor producción de semillas o disminución de la habilidad competitiva. La mayoría de las malezas resistentes, sin embargo, no son menos aptas que las normales, lo que dificulta aún más el manejo de la resistencia.

Heap (2017) asegura que:

Hoy en día, los productores enfrentan dos problema grandes de resistencia a herbicidas: el primero, es la incidencia cada vez más frecuente de malezas resistentes a más de un sitio de acción, y el segundo es la dependencia excesiva del glifosato en los sistemas de cultivo que ha aumentado rápidamente la cantidad de malezas resistentes al mismo.

Valverde *et al.* (2018) reportan que:

La mayoría de las malezas se tornan resistentes a los herbicidas debido a cambios en su sitio de acción. El segundo mecanismo en orden de importancia es el que se basa en el metabolismo acelerado o la rápida degradación del herbicida en la planta, como es el caso de la tolerancia al propanil en arroz. Con menor frecuencia, la resistencia puede atribuirse a absorción y transporte limitados o al “secuestro” del herbicida. En algunos casos, es posible que intervenga más de un mecanismo, pero el resultado final es el mismo: el herbicida no está disponible en el sitio de acción en la maleza.

Heap (2017) señala que:

La resistencia a los herbicidas es la capacidad evolucionada de una población de malezas previamente susceptibles de soportar un herbicida y de completar su ciclo de vida cuando el herbicida se utiliza en dosis

normales en una situación agrícola. Mediante mutaciones genéticas poco comunes y al azar, las poblaciones de malezas naturalmente contienen individuos resistentes a herbicidas a frecuencias muy bajas. Estas mutaciones genéticas al azar y poco comunes proporcionan a la maleza un mecanismo para resistir a los herbicidas.

Papa (2002) menciona que:

Resistencia: es la capacidad natural y heredable de un biotipo dentro la población de una especie de no ser controlada por un herbicida que con anterioridad le afectaba intensamente. Se admite que la resistencia se genera como consecuencia de la eliminación o severa reducción de los biotipos susceptibles de la maleza por acción reiterada del herbicida lo que determina un aumento en la frecuencia de los biotipos resistentes preexistentes en la población aunque con muy baja frecuencia.

Taberner (2015) manifiesta que:

El manejo de las poblaciones resistentes de malezas debe basarse también en la diversidad de métodos de control utilizados, no debe controlarse solo con herbicidas. Es especialmente sensible a las rotaciones de cultivo y a los retrasos de siembra.

Walsh (2018) informa que:

La resistencia a los herbicidas en especies de malezas problemáticas domina la producción de cultivos. Los herbicidas han sido un componente vital en la implementación exitosa de los sistemas de producción de cultivos de conservación. La disponibilidad de herbicidas altamente eficaces ha facilitado significativamente la implementación de estos sistemas altamente productivos, no obstante, las muchas ventajas de los herbicidas sobre las demás prácticas de control de malezas ha llevado a una dependencia casi total del control de malezas del cultivo en base a herbicidas.

Valverde *et al.* (2019) expresan que:

La integración de prácticas de manejo ayudan a controlar las

poblaciones resistentes y a prevenir la evolución de resistencia en las poblaciones aún susceptibles a propanil y a otros herbicidas. El uso de sinergistas como el piperofos y anilofos en mezcla formulada o de tanque con propanil permite el control de poblaciones resistentes sin aumentar sustancialmente el riesgo de fitotoxicidad al arroz. El desarrollo de variedades de arroz resistentes a herbicidas de amplio espectro puede ser una herramienta adicional en el manejo juicioso de la resistencia a herbicidas.

De Prado y Cruz (2015) consideran que:

En una planta, la resistencia puede ocurrir de una forma natural o puede ser inducida por técnicas como la ingeniería genética o selección de variantes resistentes obtenidas por cultivos de tejidos o mutagénesis. Esta definición, bastante completa en si, presenta el problema de que se asume que la resistencia está asociada únicamente a factores de tipo fisiológico y/o morfológico.

Heap (2017) describe que:

Las malezas pueden resistir a los herbicidas a través de un sitio objetivo alterado, metabolismo mejorado, traslocación disminuida o mayor secuestro. La frecuencia de individuos resistentes depende de la especie de maleza y del sitio de acción del herbicida. Para algunos herbicidas, como los inhibidores de la ALS, la frecuencia de individuos resistentes antes de la aplicación de herbicida puede llegar a 1 en 10 000, por lo tanto, los inhibidores de la ALS tienden a desarrollar resistencia rápidamente.

Valverde *et al.* (2018) comentan que:

En esencia, la resistencia es un fenómeno natural que ocurre en forma espontánea en las poblaciones de malezas, pero que sólo se percibe cuando la presión de selección se aplica mediante el uso de herbicidas. En algunos casos, como el de los difenil-éteres (como el acifluorfen), no se han encontrado poblaciones resistentes a pesar del uso intensivo. Las razones no están muy claras, pero posiblemente se relacionan con

el modo de acción particular de estos herbicidas.

De Prado y Cruz (2015) consideran que:

Una definición expandida del concepto de resistencia a herbicidas podría contemplar un punto de vista más funcional, incluyendo cambios fenológicos tales como el letargo. A diferencia de las plantas tolerantes, las resistentes suelen sobrevivir no sólo a las dosis de aplicación agrícola del herbicida sino a otras bastante superiores

Taberner *et al.* (2017) argumentan que:

La resistencia de las malezas a los herbicidas es un efecto secundario no deseado que se produce después de un uso reiterado de un determinado herbicida, por el cual una población de una maleza deja de ser controlada con la misma eficacia por un herbicida que, en condiciones normales, en un cultivo en concreto y a una determinada dosis de empleo, ejercería un control adecuado de la misma.

Heap (2017) manifiesta que:

Las malezas resistentes a herbicidas pueden diseminarse fácilmente como contaminantes en las semillas del cultivo, por la maquinaria, el agua, los animales, el viento y el polen.

Taberner *et al.* (2017) sostiene que:

La aparición de resistencia implica la disminución del uso de un determinado herbicida, que debe ser sustituido por otro herbicida o, incluso, por otros métodos de control que no impliquen el uso de herbicidas, si se quiere mantener un nivel adecuado de la población de la maleza en el campo de cultivo.

Valverde *et al.* (2019) indican que:

Las poblaciones resistentes, en general pueden ser controladas con otros herbicidas alternativos, incluyendo al bispiribac sodio, clomazone, cyhalofop, fenoxaprop, glifosato, pendimetalina, piribenzoxim, y quinclorac. Sin embargo, existen poblaciones de *E. colone* resistentes a fluaziop-p-butilo, quizalofop y setoxidim.

Taberner *et al.* (2017) informan que:

La prevención de la aparición de resistencia implica la adopción de un manejo integrado de las malezas, dado que ningún método de control por si solo es capaz de controlarlas adecuadamente y de forma sostenible.

Esqueda *et al.* (2018) sostienen que:

La resistencia a herbicidas se define como la habilidad heredada de una maleza para sobrevivir a una dosis de herbicida con la cual normalmente se tendría un control efectivo. En este contexto, la resistencia es un proceso evolutivo en el que una población cambia de ser susceptible a ser resistente. Las plantas individuales no pasan de ser susceptibles a ser resistentes, sino que es la proporción de individuos originalmente resistentes dentro de la población, la que se incrementa a lo largo del tiempo.

Taberner *et al.* (2017) difunden que:

Dado que el agricultor utiliza el herbicida más efectivo y más barato posible, la aparición de las resistencias le implica un incremento de costes. Por ello, la prevención se ve como obligatoria si se desea disponer de la mejor herramienta de control durante el máximo periodo de tiempo posible.

De Prado y Cruz (2015) destacan que:

El término resistencia suele ir adjetivado con diversos modificadores que hacen alusión a la posible pluralidad existente tanto en los mecanismos de resistencia que posee un individuo como en los herbicidas a los que éste es resistente. Surgen así los conceptos de resistencia cruzada y resistencia múltiple. Dependiendo de los autores consultados, estas definiciones se asociarán a mecanismos de resistencia:

Resistencia cruzada: Aquella por la que un individuo es resistente a dos o más herbicidas debido a un solo mecanismo de resistencia.

Resistencia múltiple: Aquella por la que un individuo posee más de un

mecanismo de resistencia a uno o varios herbicidas

Taberner *et al.* (2017) explican que:

Se distinguen dos tipos de mecanismos por los cuales una maleza llega a ser resistente. Uno es la alteración del lugar de acción, (“*target site*”), otro es debido a un cambio en cualquiera de los procesos que intervienen en la acción del herbicida y que se conoce como resistencia de tipo metabólico, (“*non target site*”).

Esqueda *et al.* (2018) acota que:

La resistencia cruzada se presenta cuando una población de malezas es resistente a dos o más herbicidas de la misma o diferente clase química, debido a la presencia de un mecanismo de resistencia único. Por su parte, la resistencia múltiple puede darse en respuesta al uso de dos o más herbicidas con diferente modo de acción, con lo que se tiene una selección de dos o más mecanismos de resistencia.

## **1.6. Hipótesis**

Ho= no es importante el manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas.

Ha= es importante el manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas.

## **1.7. Metodología de la investigación**

El desarrollo del documento radica en la compilación de información obtenida de libros, bibliotecas virtuales, artículos científicos, blogs y revistas científicas actualizadas que aporte al trabajo de titulación.

Posteriormente la investigación será sometida a la técnica de resumen y parafraseo que servirá de aporte en la revisión bibliográfica sobre el manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas.

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

El presente documento hizo referencia al manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas.

El uso de herbicidas es el sistema más utilizado para controlar malezas, no sólo en el cultivo presente, sino que durante las épocas de barbecho, es decir, entre la cosecha del cultivo y la siembra del siguiente. Este control no tiene otra posibilidad cuando se está usando cero labranza, ya que no hay posibilidad de mover el suelo. Se debe tener presente que la actividad de los herbicidas es un complemento a un buen manejo del cultivo, de manera que una decisión de variedad inadecuada, fecha de siembra no aconsejable, baja población de plantas, mala fertilización, falta de humedad en etapas críticas, etc., no será mejorada con una buena decisión de herbicidas (Pedrero 2015).

#### **2.2. Situaciones detectadas**

Entre las situaciones detectadas se destacan:

Los agricultores no consideran la rotación de cultivos como medida eficaz para el control de malezas.

La resistencia de los herbicidas es una característica hereditaria de las malezas, debido a la transmisión de los genes a las generaciones sucesivas.

El uso de los mismos herbicidas en los diferentes cultivos causa presión de la selección impuesta, lo cual causa relación con la resistencia.

Las aplicaciones no adecuadas de herbicidas dependiendo a los tipos de

malezas, épocas de aplicación y densidad de malezas han ocasionado que un grupo de biotipos de malezas sobrevivan y completen su ciclo reproductivo.

En los lugares donde se facilita el desarrollo de poblaciones resistentes pueden incrementarse los costos de producción y por tanto se reduce la productividad

### **2.3. Soluciones planteadas**

Las soluciones planteadas son:

En la actualidad la magnitud y velocidad con que van surgiendo cambios en las poblaciones de especies de malezas de difícil control, requieren de acciones integrales (rotación de cultivos, rotar principios activos y verificar los modos de acción de los herbicidas, reconocer la biología de las malezas, momentos óptimos de control) que permitan minimizar su impacto e incrementen los rendimientos de los cultivos.

Elaborar programas de manejo de malezas de acuerdo a la distribución geográfica y al reconocimiento de materiales vegetales, para identificar si una especie es tolerante o resistente a cierto grupo de herbicidas y que puedan ser adoptadas por los agricultores.

Cuando se produzcan fallas en el control de malezas, los agricultores deben solicitar ayuda para determinar la susceptibilidad de las poblaciones en las que se sospecha resistencia, para evitar la evolución de resistencia en el futuro.

### **2.4. Conclusiones**

Las conclusiones expuestas son las siguientes:

En las provincias de Guayas y Los Ríos se ha notado la resistencia a los herbicidas inhibidores de la enzima ACC-asa a la maleza *Leptochloa* sp. lo que

ha ocasionado que le aplique dosis elevada para que le cause daño, siendo una limitante para los productores de arroz.

Los herbicidas que causan mayor resistencia frente a un complejo de malezas son los que pertenecen al grupo de los inhibidores ALS (acetolactato sintasa) o a ACC-asa (acetil-coenzima A carboxilasa).

Cuando existe más diversidad de malezas en los cultivos, existe mayor riesgo de generar resistencia por la probabilidad de generar ineficiencias de control, lo que se atribuye a las técnicas de baja eficacia, uso incorrecto de dosis y equipos y escaso o nulo control en espacios no cultivados como bordes y caminos del cultivo es uno de los factores que también pueden aumentar las formas de resistencia al control de malezas.

Es necesario cambiar de herbicida y utilizar otro que actúe sobre un sitio de acción diferente, a fin de retardar la evolución de resistencia de las malezas a ciertos herbicidas.

Las buenas prácticas agrícolas son fundamentales en el manejo integrado de malezas, especialmente cuando se sospeche de la existencia de poblaciones resistentes a herbicidas.

## **2.5. Recomendaciones**

Las recomendaciones planteadas son:

Los agricultores deben fomentar una agricultura responsable frente al uso indiscriminado de los herbicidas, impulsando estrategias que permitan el manejo de la resistencia.

Efectuar estudios en campo para identificar el comportamiento de las malezas a través del tiempo, por la evolución de los sistemas donde se desarrollan los cultivos y las tecnologías aplicadas en los tiempos actuales.

## BIBLIOGRAFÍA

- De Prado, R., Cruz-Hipolito, H. (2015). Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas. *Seminario-Taller Iberoamericano " Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos" INIA, FAO, Facultad de Agronomía*, 1-14.
- Esqueda Esquivel, Valentín A.; Zita Padilla, Gloria de los Ángeles; Rosales Robles Enrique. 2018. Resistencia a herbicidas
- Fernández, O. (2017). Manejo integrado de malezas. *Planta daninha*, 5(2), 69-79.
- Ghersa, C. M., Ferraro, D. O. (2017). Algunos aspectos acerca de la aparición de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas.
- Gómez, J. (2016). Control de malezas. *CENICAÑA. EL cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA*, 143-152.
- Heap, I. (2017). Las peores malezas mundiales resistentes a herbicidas. *WeedScience. Aapresid*.
- Menalled, F. D. (2017). Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología*, 5, 73-78.
- Papa, J. C. (2002). Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. *Actas del Seminario Sustentabilidad de la Producción Agrícola. INTA, JICA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires*.
- Pedrero, A. (2015). Manejo de malezas en cultivos anuales establecidos sobre rastrojos. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.
- Robles, E. R., De la Cruz, R. S. (2016). Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. SAGARPA.
- Shaw, D. R., Culpepper, S., Owen, M., Price, A., & Wilson, R. (2015). *Las malezas resistentes al herbicida son una amenaza para los avances logrados en la conservación del suelo: Cómo encontrar un equilibrio para la sustentabilidad del suelo y los predios agrícolas*. Council for Agricultural Science and Technology.
- Taberner Palou, A., Cirujeda Ranzenberger, A., Zaragoza Larios, C. (2017). Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. 100

preguntas sobre resistencias.

- Taberner, A. (2015). Manejo de poblaciones resistentes con herbicidas en los cultivos de cereales de invierno, maíz y arroz. *Taller Iberoamericano sobre Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos*, 52-63.
- Taberner, A. (2017). Alternativas no químicas para el manejo integrado de malezas resistentes. Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables.
- Tuesca, D. I., Nisensohn, L., Sabbatini, M. R., Chantre Balacca, G. R. (2018). Resistencia de malezas a herbicidas: evolución y estrategias de manejo.
- Valverde, B. E., Chaves, L., Ramírez, F. (2019). La resistencia a herbicidas dificulta el manejo de malezas en el cultivo de arroz. *Memorias: conferencias magistrales. In 1. Simposium Internacional de Arroz Set 1998 México, DF (México)* (No. IICA-F30 11 No. 18). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, México, DF (México) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, DF (México) IICA, México, DF (México).
- Valverde, B. E., Riches, C. R., Caseley, J. C. (2018). Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz. *Experiencias en América Central con Echinochloa colona. Costa Rica*.
- Vitta, J. I., Tuesca, D. H., Puricelli, E. C., Nisensohn, L. A., Faccini, D. E. (2016). El empleo de la información ecológica en el manejo de malezas. *Ecología austral*, 12(1), 083-087.
- Walsh, M. 2018. Resistencia a los herbicidas en los cultivos australianos y su manejo. *Compendio general de Malherbología*. Pag. 18 - 25