



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



**TRABAJO DE TITULACION**

Componente Practico del Examen de Grado de carácter  
Complejivo presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,  
como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGRONOMO**

**TEMA:**

“Fisiología y mecanismos de acción de herbicidas utilizados en el  
control de malezas del cultivo de banano (*Musa AAA*) en Ecuador”

**AUTOR:**

Pedro Fernando Arevalo Coello

**TUTOR**

Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MBA.

Babahoyo- Los Ríos- Ecuador

2022

## RESUMEN

El cultivo de banano es uno de los mayores rubros económicos del Ecuador, ya que el país es el principal exportador a nivel mundial este cultivo al igual que otros no es exento del ataque de plagas agrícolas entre ellas el ataque de malezas que provoca un 13% de merma en la producción agrícola mundial.

Una de las herramientas en el control de malezas en el cultivo de banano son los herbicidas, que son productos de síntesis química que afectan el normal funcionamiento de las plantas objetivos. Son herramientas eficaces, pero que con inadecuadas prácticas de aplicación podrían quedar en desuso a largo plazo.

El conocimiento de las características físico-químicas que determinan la fisiología del plaguicida en la planta y su interacción con el ambiente y el mecanismo de acción de estos productos químicos son de importante conocimiento para poder tener una herramienta tanto eficaz como sustentable.

**Palabras claves:** fisiología, físico-químicas, síntesis química, plaguicida.

## SUMMARY

Banana cultivation is one of the largest economic items in Ecuador, since the country is the main exporter worldwide, this crop, like others, is not exempt from the attack of agricultural pests, among them the attack of weeds that causes 13% decline in global agricultural production.

One of the tools in the control of weeds in banana cultivation are herbicides, which are chemical synthesis products that affect the normal functioning of the target plants. They are effective tools, but with inadequate application practices they could fall into disuse in the long term.

The knowledge of the physical-chemical characteristics that determine the physiology of the pesticide in the plant and its interaction with the environment and the mechanism of action of these chemical products are of important knowledge in order to have an effective and sustainable tool.

**Keywords:** physiology, physical-chemical, chemical synthesis, pesticide.

# TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ii
SUMMARY	iii
I. INTRODUCCION	1
CAPITULO I	2
II. MARCO METODOLOGICO	2
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. Objetivo General	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. Problemática	2
1.3. Justificación	2
1.4. Fundamentación teórica	3
1.4.1. Origen del cultivo de banano e importancia de este rubro en el Ecuador	3
1.4.2. Problemática de las malezas en la producción agrícola	3
1.4.3. Herbicidas en el Control de Malezas	4
1.4.4. Malezas en el cultivo de banano	5
1.4.5. Herbicidas utilizados en el cultivo de banano	5
1.4.5.1. Paraquat	5
1.4.5.2. Diquat	5
1.4.5.3. Glufosinato de amonio	5
1.4.5.4. Glifosato	5
1.4.5.5. Ametrina	6
1.4.6. Características físico químicas de los herbicidas	6
1.4.7. Características físico químicas que determinan el comportamiento de los herbicidas	6
1.4.7.1. Solubilidad	6
1.4.7.2. Coeficiente de partición octanol / agua Kow	7
1.4.7.3. Coeficiente de reparto carbono orgánico agua KOC	7
1.4.7.4. Constante de ionización (pKa)	7
1.4.7.5. Presión de vapor	8

1.4.7.6	Vida media del herbicida en el suelo .....	8
1.4.7.7	Movimiento de los herbicidas dentro de la planta .....	9
1.4.7.8	Efecto del Pka y el Kow en el movimiento del herbicida dentro en la planta. ....	9
1.4.8	Mecanismos de acción de herbicidas .....	9
1.4.9	Mecanismos de acción de herbicidas utilizados en cultivo de banano .....	10
1.4.9.1	Secuestro de electrones a nivel del fotosistema I .....	10
1.4.9.2	Inhibidores del transporte de electrones a nivel de la serina 264 en el fotosistema II .....	11
1.4.9.3	Inhibidores de la enzima EPSPS (Enol-piruvato-shikimato.3, fosfato, sintetasa) ....	11
1.4.9.4	Inhibidores de la glutamina sintetasa .....	12
1.4.10	Hipotesis.....	12
1.4.11	Metodología de la investigación .....	12
	Capitulo II .....	13
	Resultados de la investigación .....	13
2.1	Desarrollo del caso .....	13
2.2	Situaciones detectadas .....	13
2.3	Soluciones planteadas .....	13
2.4	Conclusiones.....	14
2.5	Recomendaciones .....	14
	Bibliografía	15

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Solubilidad de herbicidas utilizados en el cultivo de banano medidas en ppm. ....	6
<b>Tabla 2.</b>	Coefficiente de reparto carbono orgánico-agua de herbicidas utilizados en el cultivo de banano.....	7
<b>Tabla 3.</b>	Presión de vapor de herbicidas medida en pascales. ....	8
<b>Tabla 4.</b>	Vida media de herbicidas utilizados en el cultivo de banano. ....	8
<b>Tabla 5.</b>	Vía de translocación de herbicidas utilizados en el cultivo de banano. ....	9
<b>Tabla 6.</b>	Clasificación de los mecanismos de acción de herbicidas según el comité de acción de resistencias a herbicidas HRAC.....	10

## I. INTRODUCCION

El género musa es muy antiguo y muchas de las especies presentes actualmente son utilizadas tanto en la alimentación humana como en la alimentación animal, el grupo Cavendish es el más producido en el mundo con un 47%. Las importaciones de banano en el año 2009 fueron de 14,5 millones de ton, por Europa, EUA, Canadá, Japón y otros países. Los países exportadores en el mundo son Ecuador, Filipinas, Costa Rica y otros (Alcivar 2015)

La exportación bananera en el Ecuador representa el 2% del PIB general y aproximadamente el 35% del PIB agrícola, en el año 2013, las inversiones en el área de producción e industria relacionada (bienes y servicios necesarios para la producción de banano) así como los procesos actuales de exportación de esta fruta generaron trabajo para más de un millón de familias (MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR 2017)

Las malezas constituyen uno de los factores limitantes en la obtención de altos rendimientos en el cultivo de musáceas, ya que afectan al desarrollo y producción del cultivo, especialmente en los primeros seis meses. La mayoría de agricultores utilizan herbicidas para controlarlas, por ser un método eficaz y de menor costo, pero se ignoran los efectos que estos productos pueden producir en el suelo, así como en el mismo cultivo (Mahmud cano 2016)

La fisiología de los herbicidas define el comportamiento del plaguicida en la planta, tomando en cuenta características físico-químicas que definen su comportamiento tanto en la planta como en el suelo, entre esas características podemos nombrar; Peso molecular, Solubilidad en agua, Liposolubilidad, Presión de Vapor, Coeficiente de adsorción de carbono orgánico y Coeficiente de partición (Alfaro Portuguez 2013)

“El mecanismo de acción representa el sitio bioquímico con el cual el herbicida interactúa de manera específica. Por ejemplo, dentro del modo de acción “inhibidores de la síntesis de aminoácidos” se encuentran herbicidas que inhiben a la enzima Acetolactato Sintetasa” (HRAC Argentina s. f.)

# CAPITULO I

## II. MARCO METODOLOGICO

### 1.1. OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo General

Recopilar información sobre la fisiología y los mecanismos de acción de herbicidas utilizados en el cultivo de banano.

#### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Describir las características físico-químicas que determinan la fisiología de los herbicidas utilizados en el cultivo de banano
- Determinar los mecanismos de acción de los herbicidas dentro de las plantas

### 1.2. Problemática

La presencia de malezas, es un factor limitante en la producción de banano en el país, el desconocimiento de los mecanismos de acción y las características físico-química de los herbicidas, provoca un mal manejo de las malezas, contribuyendo a la pérdida de susceptibilidad de las malezas, contaminación de los suelos y además de provocar problemas de fitotoxicidad en el banano.

### 1.3. Justificación

La falta de información sobre la fisiología y mecanismos de acción de los herbicidas usados en el cultivo de banano, provoca aplicaciones erróneas e ineficientes en el cultivo, la información recopilado en la presente investigación, brindara los conocimientos necesarios para evitar ineficientes aplicaciones de herbicidas.



## **1.4. Fundamentación teórica**

### **1.4.1 Origen del cultivo de banano e importancia de este rubro en el Ecuador**

Se sabe que el origen del banano en el mundo esta en Asia y llego hasta América debido a las corrientes migratorias de los comerciantes europeos por el siglo XVI, debido a esto es que existen diferentes variedades de musáceas que crecen en forma natural y salvaje, en el Ecuador en el gobierno Galo Plaza Laso se modernizo la producción y exportación del banano (BANANO ECUATORIANO 2016)

La producción y exportación bananera en el Ecuador surge en el gobierno de Galo Plaza, en el marco de un estado influenciado por un modelo desarrollista, que en términos del economista y político estadounidense Walter Rostow, consistía en promover la modernización de los países del “Tercer Mundo” mediante la inyección de capital, tecnología y experiencia en inversiones productivas, desde el centro hacia la periferia (Gonzabay 2017)

Ecuador es líder en exportación de banano ya desde hace unos 25 años y actualmente representa un 26% de las exportaciones a nivel mundial. El Ecuador ofrece mayormente 3 tipos de banano que son el Cavendish, orito y banano rojo, los demás países que son importantes protagonistas en el mercado bananero son: Filipinas, Guatemala, Costa Rica, China, India, Brasil, convirtiendo a América Latina como el continente con más importancia en producción (Jaramillo y Argüello 2020)

“La historia económica del Ecuador ha mostrado que posee una clara ventaja comparativa en la producción de banano; de aquí la razón para haberse convertido en el mayor exportador mundial de banano, seguido únicamente por Filipinas y Costa Rica” (Orozco 2017)

### **1.4.2 Problemática de las malezas en la producción agrícola**

El problema de las malezas en los cultivos es debido a que causan perdidas económicas importantes, este problema se ha acentuado más, debido a la selección involuntaria del hombre lo que provoca que especies mas

agresivas predominan en los campos, se estima que a nivel mundial existen unas ocho mil especies de malezas, de los daños causados por plagas las malezas ocasionan un daño de alrededor del 13% (INTAGRI 2017)

Las malezas son unas de las plagas más difíciles de controlar, esto debido a su capacidad de crecimiento y su producción de semillas, el suelo también juega un papel importante ya que este sirve como un reservorio de sus semillas que las protege de aplicaciones de herbicidas y condiciones ambientales desfavorables. La composición del banco de semillas es lo que determinara la emergencia de las de las plántulas durante los siguientes ciclos de producción (INTAGRI 2017)

### **1.4.3 Herbicidas en el Control de Malezas**

Los herbicidas son herramientas eficaces al momento de controlar malezas en los cultivos, para poder utilizarlos de manera correcta se requieren conocer ciertos puntos importantes como el mecanismo de acción y momento de aplicación, con esto se puede minimizar riesgos de general resistencia, logrando con ello una tecnología sustentable a largo plazo (Casafe s. f.)

Son productos altamente fiables y eficaces. Con frecuencia los herbicidas ofrecen un control casi completo sobre un amplio abanico de especies indeseadas, a la vez que resultan prácticamente inocuos en los cultivos que protegen. Esta eficacia suele estar muy por encima de la presentada por otras opciones de control en la mayoría de los cultivos (De Prado y Cruz-Hipolito 2005)

El mejor control de malezas se realiza aplicando herbicidas en mezclas, lográndose mayor selectividad al cultivo cuando estas aplicaciones no tocan a las plantas de banano, especialmente cuando se trabaje con herbicidas como paraquat y glifosato, con los que se puede presentar efectos tóxicos si se establece contacto del herbicida con el cultivo, especialmente cuando este está en estados iniciales de desarrollo (Venegas y Ordeñana 1987)

Los herbicidas son la principal medida de control en situaciones critica de infestaciones de malezas, para usarlos eficientemente se requiere conocer ciertas características, siendo entre ellas la mas importante el mecanismo de

acción, que es el lugar donde el herbicida interactúa para ocasionar su efecto herbicida (INTAGRI 2017)

#### **1.4.4 Malezas en el cultivo de banano**

- *Digitaria sanguinalis*
- *Eleusine indica*
- *Cyperus spp*
- *Portulaca oleracea*
- *Ipomoea spp*
- *Rottboellia exaltata*
- *Echinochloa colonum*
- *Momordica charantia*

#### **1.4.5 Herbicidas utilizados en el cultivo de banano**

##### **1.4.5.1 Paraquat**

“Es un herbicida post-emergente de contacto que elimina rápidamente la mayoría de malezas de hoja ancha y angosta. La eliminación de las malezas suele quedar completa en tres o cuatro días” (Syngenta 2016)

##### **1.4.5.2 Diquat**

El diquat es un herbicida de contacto post emergente del grupo de los bipiridilos, controla mayormente malezas de hojas anchas, es un herbicida que afecta el proceso de la fotosíntesis (Syngenta 2016)

##### **1.4.5.3 Glufosinato de amonio**

“Es un herbicida de contacto que actúa en los tejidos verdes de las plantas susceptibles, donde penetra principalmente a través de las cutículas. No es absorbido por las raíces de las plantas” (Fertisa 2020)

##### **1.4.5.4 Glifosato**

“Herbicida sistémico post-emergente para el control de malezas anuales y perennes en diferentes cultivos, preparación de sitio forestal y en áreas no cultivadas” (ADAMA Ecuador 2021)

#### 1.4.5.5 Ametrina

“Herbicida selectivo para aplicaciones en pre-emergencia y post-emergencia temprana en los cultivos de caña de azúcar, banano y piña, para control de malezas gramíneas y hoja ancha” (Ecuaquimica s. f.)

#### 1.4.6 Características físico químicas de los herbicidas

Los herbicidas modernos son moléculas orgánicas conformadas básicamente por carbono, hidrógeno y oxígeno; también, dependiendo del herbicida, se encontrarán átomos de cloro, flúor, nitrógeno, fósforo, etc. De cuyas combinaciones y ubicación espacial dentro de la molécula depende el comportamiento del compuesto en el ambiente y la planta (Anzalone 2008)

#### 1.4.7 Características físico químicas que determinan el comportamiento de los herbicidas

##### 1.4.7.1 Solubilidad

Se considera como solubilidad del herbicida a la afinidad que tiene el compuesto para poder ser disuelto en un solvente polar como lo es el agua, la medida utilizada para cuantificar esta característica es ppm o mg/lit (Alfaro Portuguez 2013)

**Tabla 1.**

Herbicida	Solubilidad(ppm)	Temperatura
Paraquat	718000	25
Diquat	620000	.....
Glifosato	900000	25
Glufosinato	500000	.....
Ametrina	200	22

el  
banano  
ppm.

Solubilidad de  
herbicidas  
utilizados en  
cultivo de  
medidas en

**Fuente:** Adaptado de La Hora del Experto 2020 y Alfaro Portuguez 2013

#### 1.4.7.2 Coeficiente de partición octanol / agua Kow

El coeficiente de partición octanol-agua (Kow) es una medida de la distribución del plaguicida entre dos solventes inmiscibles, agua (polar) y n-octanol (relativamente no polar). Se utiliza el n-octanol por ser un compuesto que simula la fase lipídica de la biota, y reproduce el reparto entre fases acuosas y biológicas, con la ventaja de su facilidad de determinación. Suele ser una de las constantes fisicoquímicas que se ofrecen como propiedad significativa de muchos plaguicidas (Torri 2015)

#### 1.4.7.3 Coeficiente de reparto carbono orgánico agua KOC

El coeficiente de carbono orgánico-agua, mide la distribución de compuestos en dos fases una fase solida que es el carbono orgánico y otra fase liquida que es el agua, en si el Koc mide la capacidad de un plaguicida de adsorberse a los coloides del suelo (Anzalone 2008)

Cuando un herbicida posee un Koc menor a 500 se considera a ese compuesto móvil en el suelo y si el compuesto presenta un Koc mayor a 500 se lo considera poco móvil.

**Tabla 2.** Coeficiente de reparto carbono orgánico-agua de herbicidas utilizados en el cultivo de banano.

Herbicida	Koc	Movilidad
Paraquat	1000000	inmóvil
Glifosato	21700	inmóvil
Ametrina	300	media

**Fuente:** Adaptado de Alfaro Portuguez 2013

#### 1.4.7.4 Constante de ionización (pKa)

Esta constante nos indica el pH en el cual un compuesto se presenta ionizado un 50% y el otro 50% de forma neutra, además según el valor de pka, nos brinda el grado de acidez y basicidad que posee una molécula herbicida (Aapresid 2019)

#### 1.4.7.5 Presión de vapor

Es la medida de la fuerza que contienen las moléculas de vencer la fuerza de cohesión intermolecular y poder pasar a la fase gaseosa produciendo un fenómeno de volatilización (Anzalone 2008)

La volatilización es el proceso en el cual una molécula pasa desde un estado líquido o sólido a un estado gaseoso, y dependerá de la superficie (suelo, tejido vegetal, agua, etc.), de la temperatura u otro factor ambiental relevante. Normalmente la volatilización se relaciona con la presión de vapor de la molécula, y es la presión que se debería ejercer sobre esta molécula para evitar que pase al estado gaseoso, y comúnmente se mide en milímetros de mercurio (mm de Hg) o milipascales (mPa) (Alister et al. 2020)

**Tabla 3.** Presión de vapor de herbicidas medida en pascales.

HERBICIDA	Presión de vapor en pascales	Clasificación
Paraquat	$1 \times 10^{-4}$	No volátil
Glifosato	$3.99 \times 10^{-5}$	No volátil
Ametrina	$3.60 \times 10^{-4}$	No volátil

**Fuente:** Adaptado de Senseman et al. 2007

#### 1.4.7.6 Vida media del herbicida en el suelo

Es el tiempo requerido para que un plaguicida se degrade en el suelo. La vida media está determinada por el tipo de organismos presentes en el suelo, el tipo de suelo (arena, arcilla, limo), pH y la temperatura, entre otros factores (Jáquez Matas et al. 2013)

**Tabla 4.** Vida media de herbicidas utilizados en el cultivo de banano.

Herbicida	Días	Vida media
Paraquat	1000	Larga
Glifosato	14	Corta
Glufosinato	7	Muy corta

**Fuente:** Adaptado de Montoya s. f. y Vencill et al. 2002

#### 1.4.7.7 Movimiento de los herbicidas dentro de la planta

Después que el herbicida es absorbido por la planta este puede actuar de manera localizada o de contacto y de manera translocable o sistémica, los herbicidas que se mueven sistémicamente lo hacen por dos vías, la del simplasto o floema y la de apoplasto o xilema (Papa s. f.)

#### 1.4.7.8 Efecto del Pka y el Kow en el movimiento del herbicida dentro en la planta.

El pka y el kow juegan un rol importante en el movimiento del herbicida dentro de la planta, si un herbicida ácido presenta un pka alto, su movimiento será vía simplasto, ejm: Glifosato, si un herbicida presenta un Kow intermedio su movimiento será vía apoplasto ejm: Triazinas, pero si un herbicida presenta un Kow alto su movimiento será nulo. Ejm Pendimetalin (Anzalone 2008 y Papa s. f.)

**Tabla 5.** Vía de translocación de herbicidas utilizados en el cultivo de banano.

Herbicida	Tipo de translocación		
	Translaminar	Sistémico (Xilema)	Sistémico (Floema)
Paraquat			
Diquat			
Glifosato			
Glufosinato			
Ametrina			

#### 1.4.8 Mecanismos de acción de herbicidas

Se entiende como mecanismo de acción a la interferencia bioquímica causada por el ingrediente activo del herbicida al momento de interactuar con el sitio de acción dentro de la planta, lo que provoca un desequilibrio en el desarrollo normal de la planta (Anzalone 2008)

La clasificación de los mecanismos de acción de los herbicidas está dada por el Comité de acción de resistencia a herbicidas “HRAC” el cual los ha clasificado por el mecanismo primario que presentan los herbicidas dentro de la planta.

**Tabla 6.** Clasificación de los mecanismos de acción de herbicidas según el comité de acción de resistencias a herbicidas HRAC.

<b>Proceso Afectado</b>	<b>Mecanismo de acción</b>	<b>Grupo Hrac</b>
Fotosíntesis	Fotosistema II Serina 264	5
	Fotosistema II Histidina 215	6
	Fotosistema I Secuestro de electrones	22
	Inhibidores de la Glutamina Sintetasa	10
Metabolismo Celular	Enzima ALS (Acetolactato Sintetasa)	2
	Enzima Epsps (Enol-piruvato-shikimato-3, fosfato sintetasa)	9
	Inhibidores de VLCFAS	15
	Inhibidores de la ACCASA	1
División celular y crecimiento	Mímicos de auxinas	4
	Inhibidores del ensamblaje de microtúbulos	3

**Fuente:** Elaborado con base en Hrac Global 2022

#### **1.4.9 Mecanismos de acción de herbicidas utilizados en cultivo de banano**

##### **1.4.9.1 Secuestro de electrones a nivel del fotosistema I**

El mecanismo de acción que presenta este grupo es el secuestro de electrones a nivel del fotosistema I impidiendo así el normal funcionamiento del proceso fotosintético dentro de la planta, este punto de acción se encuentra localizado en la membrana del tilacoide dentro del cloroplasto, además como



efecto o mecanismo secundario forman especies reactivas de oxígenos que son moléculas muy reactivas que destruyen las membranas celulares, lo cual provoca daños irreversibles en la planta. Los síntomas de este herbicida comienzan a aparecer de 2 a 3 horas después de haber aplicado el herbicida, son herbicidas translaminares sin ningún tipo de movimiento vascular dentro de la planta, los herbicidas que encontramos en este grupo son el Diquat y el Paraquat (Diez de Ulzurrun 2013)

#### **1.4.9.2 Inhibidores del transporte de electrones a nivel de serina 264 en el fotosistema II**

Estos herbicidas interactúan con una proteína denominada D1 la cual esta conformada por unos 345 aminoácidos entre ellos esta la serina 264 que es el aminoácido que sirve como punto de unión del herbicida con la molécula, al interactuar el herbicida con la proteína se inhibe el transporte normal de electrones lo que produce una paralización del proceso fotosintético, pero los cloroplastos siguen absorbiendo energía en forma de fotones lo cual provocara una sobre excitación de la clorofila debido a que esta imposibilitada de transferir esa energía, esto trae como consecuencia que la clorofila excitada interactúe con agua y produzca oxígeno activado el mismo que producirá la peroxidación de lípidos destruyendo así las células de la planta (Pitty 2018)

#### **1.4.9.3 Inhibidores de la enzima EPSPS (Enol-piruvato-shikimato.3, fosfato, sintetasa)**

Este grupo de herbicida el cual está compuesto por el glifosato afecta a la planta inhibiendo la ruta del shikimato que es una de las mas importante dentro de la planta ya que forma aminoácidos aromáticos que son precursores de compuestos necesarios en la planta como alcaloides y lignina, la ruta del shikimato se produce dentro de los cloroplasto y es sintetizada con la enzima Epsps, la cual es inhibida por el herbicida, la inhibición de esta enzima evita que se produzcan compuestos necesarios en la planta ya que el 20% de carbono fijado por la fotosíntesis es utilizado en esta ruta (Villalba 2009)

#### **1.4.9.4 Inhibidores de la glutamina sintetasa**

La glutamina es un aminoácido que transporta amonio que es producido en la fotorrespiración y en el catabolismo de proteínas, esta enzima sirve para formar glutamato y glutamina que son bases para formar diversos compuestos en la planta, este proceso se lleva a cabo en los cloroplastos de la célula y los productos finales que son la glutamina y el glutamato son exportados fuera de los cloroplastos, los herbicidas inhibidores de la glutamina sintetasa actúan uniéndose al sitio activo de la enzima que debería de unirse con el glutamato, al inhibir la enzima lo que produce en la planta es: aumentar los niveles de amonio, disminuir la glutamina y el glutamato, paraliza la fotorrespiración, acumulación de glioxalato el cual inhibe la Rubisco que es una enzima necesaria para la fase oscura de la fotosíntesis por lo que este proceso se verá afectado (Anzalone 2008)

#### **1.4.10 Hipotesis**

**Hipotesis 0** El conocimiento de la fisiología y mecanismos de acción de herbicidas utilizados en el cultivo de banano no son necesarios para realizar un control eficiente de malezas.

**Hipotesis 1** El conocimiento de la fisiología y mecanismos de acción de herbicidas utilizados en el cultivo de banano son necesarios para realizar un control eficiente de malezas.

#### **1.4.11 Metodología de la investigación**

Se realizará mediante la recopilación de información científica de textos, artículos, revistas científicas y bibliotecas virtuales, esta recopilación será basada en resúmenes y puntualizaciones precisas sobre la fisiología y mecanismos de acción de herbicidas utilizados en el cultivo de banano (*Musa AAA*)

## **Capítulo II**

### **Resultados de la investigación**

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

En el Ecuador unos de los rubros agrícolas más importantes es la producción bananera, este cultivo al igual que otros es afectado por diversas plagas agrícolas entre esas plagas se encuentran las malezas, el presente documento se realizó con el fin de brindar información recopilada de distintos sitios de información científica sobre la fisiología y mecanismos de acción de herbicidas utilizados en el cultivo de banano, dichas características son necesarias para un manejo racional de herbicidas en el control de malezas.

#### **2.2 Situaciones detectadas**

El desconocimiento de características físico químicas de herbicidas puede ocasionar problemas de toxicidad en el cultivo de banano, características de gran importancia como la presión de vapor o el potencial de adsorción de herbicidas en los coloides puede provocar problemas altamente significativos en la producción bananera.

Así mismo el desconocimiento de los mecanismos de acción de los herbicidas, así como la incorrecta o nula alternancia de estos, puede traer como consecuencia la pérdida de susceptibilidad de las diversas malezas en el cultivo de banano.

#### **2.3 Soluciones planteadas**

- Alternar mecanismos de acción de herbicidas para evitar problemas de resistencia de herbicidas.
- Tomar en cuenta las características físico químicas de los herbicidas para poder entender la convergencia de estas moléculas con las malezas.
- Considerar las características físico químicas de los herbicidas y su relación con el ambiente especialmente con el suelo.

## 2.4 Conclusiones

- El mecanismo de acción que mas se presenta en los herbicidas utilizados en banano son aquellos que afectan el secuestro de electrones en el fotosistema I.
- Los herbicidas mas utilizados en el cultivo no presentan una presión de vapor alto, lo cual indica que el riesgo por toxicidad debido a evaporación del producto es baja o nula.
- Las características físico química como el pka y el kow, determinan en cierta medida la vía de translocación de los herbicidas en las plantas
- El glifosato el paraquat y el diquat presentan un koc alto en el suelo esto significa que no existirá movimiento del producto en un suelo que contenga coloides que lo retengan.
- Los herbicidas utilizados en el cultivo de banano poseen una selectividad por posicionamiento, es decir el producto no le provoca daño al cultivo debido a que no existe contacto con él, este contacto se evita debida a ciertas características como el Koc en el suelo.

## 2.5 Recomendaciones

- Investigar características físico químicas de otros herbicidas para tener una mayor alternativa de productos químicos para controlar malezas.
- Capacitar a los agricultores bananeros, para que apliquen correctamente la alternancia de productos según el mecanismo de acción del herbicida.
- Realizar un manejo integrado de las malezas para evitar el uso indiscriminado de herbicidas.
- Evitar el uso de herbicidas de los cuales se desconozcan las características físico químicas y los mecanismos de acción.

## Bibliografía

- Aapresid. 2019. No conocer la calidad del agua para las aplicaciones agrícolas puede ser costoso (en línea, sitio web). Consultado 28 mar. 2022. Disponible en <https://www.manualfitosanitario.com/noticias/2290>.
- ADAMA Ecuador. 2021. Glifopro Herbicida (en línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.adama.com/ecuador/es/agroquimicos/herbicida/glifopro>.
- Alcivar, F.J. 2015. Origen y evolucion del banano. Recuperado el 15.
- Alfaro Portuguez, R. 2013. Herbicidas Asociados a la Caña de Azúcar y su Potencial de Contaminación del Medio Ambiente (en línea). s.l., s.e. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi7\\_Zul4c\\_2AhXBRzABHYDzBAYQFnoECAUQA&url=https%3A%2F%2Fservicios.laica.co.cr%2F%2Flaica-cv-biblioteca%2Findex.php%2FLibrary%2Fdownload%2FLBApEJpBqNOsCPeXEpSrxydFmiaJmftl&usg=AOvVaw0etYH03Frvt1rzMaN5FgdP](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi7_Zul4c_2AhXBRzABHYDzBAYQFnoECAUQA&url=https%3A%2F%2Fservicios.laica.co.cr%2F%2Flaica-cv-biblioteca%2Findex.php%2FLibrary%2Fdownload%2FLBApEJpBqNOsCPeXEpSrxydFmiaJmftl&usg=AOvVaw0etYH03Frvt1rzMaN5FgdP).
- Alister, C; Becerra, K; Kogan, M. 2020. Verdades y mitos respecto a los herbicidas (en línea, sitio web). Consultado 28 mar. 2022. Disponible en <https://www.redagricola.com/cl/verdades-y-mitos-respecto-a-los-herbicidas/>.
- Anzalone, A. 2008. Herbicidas, Modos y Mecanismos de Acción en Plantas (en línea). Fondo Editorial de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiHifuxzdz2AhWwRDABHeNCCLwQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F259175751\\_Herbicidas\\_Modos\\_y\\_mecanismos\\_de\\_accion\\_en\\_plantas%3FenrichId%3Drgreq-f874c3992c00b092e27a90e476d5eddc-XXX%26enrichSource%3DY292ZXJQYWdlOzI1OTE3NTc1MTtBUzo0MzQ2Mzg5MDg3OTQ4ODBAMTQ4MDYzNzlwODQwOA%253D%253D%26el%3D1\\_x\\_3%26\\_esc%3DpublicationCoverPdf&usg=AOvVaw0pbknpbQH85eUK0ARYVtfQ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiHifuxzdz2AhWwRDABHeNCCLwQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F259175751_Herbicidas_Modos_y_mecanismos_de_accion_en_plantas%3FenrichId%3Drgreq-f874c3992c00b092e27a90e476d5eddc-XXX%26enrichSource%3DY292ZXJQYWdlOzI1OTE3NTc1MTtBUzo0MzQ2Mzg5MDg3OTQ4ODBAMTQ4MDYzNzlwODQwOA%253D%253D%26el%3D1_x_3%26_esc%3DpublicationCoverPdf&usg=AOvVaw0pbknpbQH85eUK0ARYVtfQ).
- BANANO ECUATORIANO. 2016. (en línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://loine-sa.com/starvrucht/banano-ecuatoriano/>.
- Casafe. 2022. Modo de acción de los herbicidas (en línea, sitio web). Consultado 18 mar. 2022. Disponible en <https://www.casafe.org/modo-de-accion-de-los-herbicidas/>.
- De Prado, R; Cruz-Hipolito, H. 2005. 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.
- Diez de Ulzurrun, P. 2013. Modo de acción herbicidas (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja>

&uact=8&ved=2ahUKEwjgrcegle72AhWQZzABHTnIDc4QFnoECAwQAw&url=https%3A%2F%2Faapresid.org.ar%2Fwp-content%2Fuploads%2Fsites%2F3%2FAAP167289%2FAAP-Manual\_Rem\_Herbicidas.pdf&usg=AOvVaw3H6bJVLbkqr53CtGWz-nXh.

Ecuaquimica. 2022. Gesapax 500 SC (en línea, sitio web). Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <http://www.ecuaquimica.com.ec/producto/gesapax-500-sc/>.

Fertisa. 2020. Herbicida Basta (en línea). s.l., s.e. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiJlufEztr2AhVcSjABHRucADEQFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Ffertisa.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F09%2F1150914.pdf&usg=AOvVaw3pWY1FSchEipj\\_wVqnG0BP](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiJlufEztr2AhVcSjABHRucADEQFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Ffertisa.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F09%2F1150914.pdf&usg=AOvVaw3pWY1FSchEipj_wVqnG0BP).

Gonzabay, R. 2017. Cultivo del banano en el Ecuador. Revista Afese 58(58).

HRAC Argentina. 2022. CONCEPTOS BÁSICOS | HRAC ARGENTINA (en línea, sitio web). Consultado 18 mar. 2022. Disponible en <https://hrac-argentina.org/conceptos-basicos/>.

Hrac Global. 2022. HRAC Mode of Action Classification 2022 Map (en línea, sitio web). Consultado 30 mar. 2022. Disponible en <https://hracglobal.com/tools/hrac-mode-of-action-classification-2022-map>.

INTAGRI. 2017a. El Suelo: Un Banco de Malezas (en línea). . Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/suelos/el-suelo-un-banco-de-malezas>.

INTAGRI. 2017b. Los Riesgos de una Mala Aplicación de Herbicidas (en línea). (Serie Fitosanidad) . Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/los-riesgos-de-una-mala-aplicacion-de-herbicidas>.

INTAGRI. 2017c. Razones para Capacitarse en el Manejo de Malezas (en línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/por-que-tomar-el-curso-de-manejo-de-malezas>.

Jáquez Matas, SV; Laura Silvia González Valdez; Rafael Irigoyen Campuzano; Víctor Ortega Martínez. 2013. Comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente. .

Jaramillo, E; Argüello, A. 2020. Ecuador, líder en la producción de banano (en línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-lider-en-la-produccion-de-banano>.

La Hora del Experto. 2020. Modo y mecanismo de acción de herbicidas en énfasis en fisiología de plantas. (en línea). s.e. Consultado 23 mar. 2022. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=bBl46tc-Tog>.

- Mahmud cano, A zayel. 2016. «Influencia de la deriva de herbicidas en el cultivo de banano (Musa AAA)cv. Williams». (en línea) (En accepted: 2020-09-18t16:00:51z). . Consultado 14 mar. 2022. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4310>.
- MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR. 2017. INFORME SECTOR BANANERO ECUATORIANO (en línea). s.l., s.e. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiKhNHY8sX2AhVIRTABHcmEARcQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.produccion.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F06%2FInforme-sector-bananero-espaa%25C3%25B1ol-04dic17.pdf&usg=AOvVaw0SH8im2d\\_wYh465D4X\\_8OZ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiKhNHY8sX2AhVIRTABHcmEARcQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.produccion.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F06%2FInforme-sector-bananero-espaa%25C3%25B1ol-04dic17.pdf&usg=AOvVaw0SH8im2d_wYh465D4X_8OZ).
- Montoya, J. s. f. COMPORTAMIENTO DE LOS HERBICIDAS EN EL SUELO. s.l., s.e.
- Orozco, RV. 2017. El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. Revista Afese 53:53.
- Papa, J. s. f. INTERACCION PLANTA-HERBICIDA (en línea). s.l., s.e. Consultado 27 mar. 2022. Disponible en [https://www.agroconsultasonline.com.ar//documento.html?op=v&documento\\_id=663](https://www.agroconsultasonline.com.ar//documento.html?op=v&documento_id=663).
- Pitty, A. 2018. Modo de Acción y Resistencia de los Herbicidas que Interfieren en el Fotosistema II de la Fotosíntesis. Ceiba 55(1):45-59.
- Senseman, SA; Armbrust, K; Weed Science Society of America. 2007. Herbicide handbook. Lawrence, KS, Weed Science Society Of America.
- Syngenta. 2016a. GRAMOXONE SL (en línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.syngenta.com.ec/product/crop-protection/herbicide/gramoxone-sl>.
- Syngenta. 2016b. REGLONE (en línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.syngenta.com.ec/product/crop-protection/herbicide/reglone>.
- Torri, S. 2015. Dinámica de los plaguicidas en los agroecosistemas (en línea). s.l., Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/305905415\\_Dinamica\\_de\\_los\\_plaguicidas\\_en\\_los\\_agroecosistemas/links/57a5230408ae3f45292e77dc/Dinamica-de-los-plaguicidas-en-los-agroecosistemas.pdf](https://www.researchgate.net/publication/305905415_Dinamica_de_los_plaguicidas_en_los_agroecosistemas/links/57a5230408ae3f45292e77dc/Dinamica-de-los-plaguicidas-en-los-agroecosistemas.pdf).
- Vencill, WK; Armbrust, K; Weed Science Society of America; Weed Science Society of America; Herbicide Handbook Committee. 2002. Herbicide handbook. Lawrence, KS, Weed Science Society of America.
- Venegas, F; Ordeñana, O. 1987. Efectos de la competencia de malezas y su control en banano (en línea) (En accepted: 2015-07-22t20:19:49z). . Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1573>.

Villalba, A. 2009. Resistencia a herbicidas: Glifosato. Ciencia, docencia y tecnología (39):169-186.