



**Determinación de las dosis óptimas de glifosato y paraquat aplicados en mezcla con  
ametrina para el control de malezas en plátano de alta densidad**

Loor Vargas, Roger Bryan y Zambrano Angulo, Fabrico Ramón

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ulloa Cortázar, Santiago Miguel, Ph.D.

31 de enero del 2022





## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

### CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

#### CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, “**Determinación de las dosis óptimas de glifosato y paraquat aplicados en mezcla con ametrina para el control de malezas en plátano de alta densidad**” fue realizado por los señores **Loor Vargas, Roger Bryan y Zambrano Angulo, Fabricio Ramón**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 31 de enero del 2022

---

**Ulloa Cortázar, Santiago Miguel, Ph.D.**

C.C.: 1710450584



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotros, **Loor Vargas, Roger Bryan** y **Zambrano Angulo, Fabricio Ramón**, con cédulas de ciudadanía n° 1310928302 y 0503428518, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Determinación de las dosis óptimas de glifosato y paraquat aplicados en mezcla con ametrina para el control de malezas en plátano de alta densidad”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 31 de enero del 2022

Firmas:

---

**Loor Vargas, Roger Bryan**

C.C.: 1310928302

---

**Zambrano Angulo, Fabricio Ramón**

C.C.: 0503428518



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotros, **Loor Vargas, Roger Bryan y Zambrano Angulo, Fabricio Ramón**, con cédulas de ciudadanía n° 1310928302 y 0503428518 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Determinación de las dosis óptimas de glifosato y paraquat aplicados en mezcla con ametrina para el control de malezas en plátano de alta densidad”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 31 de enero del 2022

Firmas:

**Loor Vargas, Roger Bryan**

C.C.: 1310928302

**Zambrano Angulo, Fabricio Ramón**

C.C.: 0503428518

## **Dedicatoria**

Esta tesis la dedico principalmente a mi madre María Isabel Vargas por haberme forjado como la persona que soy, además de su gran apoyo, amor, cariño y siempre estar presente durante toda mi vida.

A mi padre Roger Martín Loor por enseñarme valores como la perseverancia, el respeto y la honestidad, además de contar con su apoyo al incentivarme siempre en salir adelante.

A mi tío y padrino Roddy Loor Aveiga, quien estuvo presente durante toda mi vida y siempre contando con su apoyo en los buenos y malos momentos.

A mi hermano Jonathan Loor Mendoza, al cual quiero ser su ejemplo, que vaya superando todos los obstáculos de la vida y que nunca se rinda.

A mis tíos y mis abuelos que me brindaron el apoyo moral suficiente para continuar en la carrera.

A mis amigos, y conocidos que, de una forma u otra, me apoyaron y estuvieron conmigo en todas las circunstancias.

***Roger Bryan Loor Vargas***

Esta tesis se la dedico a mi madre Patricia Angulo quien con su amor y apoyo incondicional me ha permitido alcanzar hoy uno de mis más anhelados sueños, gracias por siempre confiar en mí y demostrarme que con esfuerzo y valentía se puede llegar muy lejos.

A mi padre Ramón Zambrano por haberme inculcado desde muy niño la importancia del trabajo, el respeto y los valores que hacen a un hombre de bien, gracias por siempre estar para brindarme tu apoyo para que salga adelante.

A mis hermanos Patricia, Verónica, Katty, Sergio, Mayra, Ariel por su inmenso cariño y apoyo a lo largo de todo este proceso académico, gracias por estar conmigo en todo momento.

A cada uno de los miembros de mi familia quienes con sus consejos y palabras de aliento siempre han estado presente en mis pensamientos acompañándome de una u otra forma en mis sueños y metas.

Finalmente dedico esta tesis a cada uno de mis amigos y compañeros, por brindarme su apoyo cuando más lo necesité, por ofrecerme esa mano amiga en los momentos más difíciles y por el afecto brindado cada día, mil gracias a todos, sin el apoyo de cada uno de ustedes, esto no hubiera sido posible, los llevo en mi corazón.

***Fabricio Ramón Zambrano Angulo***

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a mi madre, quien me brindó su gran apoyo para culminar mi carrera profesional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, Extensión Santo Domingo, por permitirme el desarrollo de esta investigación.

Agradezco a todos los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, Extensión Santo Domingo, quienes me brindaron sus conocimientos, dentro y fuera de las aulas de la universidad, permitiéndome adquirir más experiencia y ayudarme en mi formación profesional, les doy las gracias por su paciencia y dedicación para que yo salga adelante.

Le agradezco, a Diana Genoveva Bustos por el gran apoyo incondicional durante una parte de mi proceso académico, gracias por todo, te lo agradezco de corazón.

Expreso mi agradecimiento al Dr. Santiago Ulloa, por haberme brindado la oportunidad de elaborar esta investigación, a parte de su paciencia y su enseñanza en cualquier cosa que requería de su ayuda.

Finalmente, agradezco a mi compañero Fabricio Zambrano por su amistad durante toda la carrera y su empeño en este trabajo de investigación.

***Roger Bryan Loor Vargas***



Mis agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, Extensión Santo Domingo, por permitirme haber realizado esta investigación dentro de su campus Universitario.

Así mismo mis más profundos agradecimientos a cada uno de los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, Extensión Santo Domingo, quienes pusieron su granito de arena con cada uno de sus valiosos conocimientos permitiendo que pueda crecer cada día como profesional, gracias a todos ustedes por su dedicación, paciencia, y buenos momentos vividos en mi formación académica.

Un profundo agradecimiento a mi hermana Patty por ese apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso, siempre agradecido contigo ñañita.

Finalmente expreso mi más grande y sincero agradecimiento al Dr. Santiago Ulloa, por ser el principal colaborador durante todo este proceso, quien con sus conocimientos, dirección, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

***Fabrizio Ramón Zambrano Angulo***

## Índice de contenidos

|   |    |
|---|----|
| Carátula.....                             | 1  |
| Reporte de verificación de contenido..... | 2  |
| Certificación.....                        | 3  |
| Responsabilidad de autoría .....          | 4  |
| Autorización de publicación .....         | 5  |
| Dedicatoria .....                         | 6  |
| Agradecimiento .....                      | 8  |
| Índice de contenidos.....                 | 10 |
| Índice de tablas .....                    | 13 |
| Índice de figuras.....                    | 15 |
| Resumen.....                              | 16 |
| Abstract.....                             | 17 |
| Capítulo I.....                           | 18 |
| Introducción.....                         | 18 |
| Capítulo II.....                          | 20 |
| Marco teórico.....                        | 20 |
| El plátano en Ecuador.....                | 20 |
| Herbidas.....                             | 20 |
| Control de malezas en plátano.....        | 22 |

|  |    |
|--|----|
| Control químico de malezas en plátano.....           | 23 |
| Resistencia a los herbicidas.....                    | 23 |
| Herbicidas usados en plátano.....                    | 24 |
| Glifosato.....                                       | 24 |
| Paraquat.....  | 26 |
| Ametrina.....  | 27 |
| Mezclas de herbicidas.....                           | 27 |
| Importancia de la dosis óptima de un herbicida ..... | 29 |
| Capítulo III.....                                    | 30 |
| Metodología .....                                    | 30 |
| Ubicación del área experimental.....                 | 30 |
| Ubicación política .....                             | 30 |
| Ubicación geográfica.....                            | 30 |
| Ubicación ecológica.....                             | 31 |
| Materiales .....                                     | 31 |
| Fase de campo.....                                   | 31 |
| Fase de laboratorio .....                            | 32 |
| Métodos.....   | 32 |
| Diseño Experimental .....                            | 32 |
| Análisis estadístico.....                            | 35 |
| Métodos específicos del manejo .....                 | 38 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Capítulo IV .....                 | 40 |
| Resultados y Discusión .....      | 40 |
| Biomasa fresca .....              | 40 |
| Dosis óptima biomasa. ....        | 42 |
| Biomasa seca .....                | 44 |
| Diagnóstico visual .....          | 47 |
| Dosis óptima control visual ..... | 53 |
| Composición botánica.....         | 55 |
| Capítulo V .....                  | 63 |
| Conclusiones.....                 | 63 |
| Recomendaciones.....              | 64 |
| Bibliografía .....                | 65 |

### Índice de tablas

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabla 1  | Recursos necesarios para la instalación del ensayo.....   | 31 |
| Tabla 2  | Insumos utilizados para la recolección de muestras de las especies de malezas más representativas por tratamiento.....  | 32 |
| Tabla 3  | Materiales usados para el pesaje de las muestras recolectadas de malezas. ....  | 32 |
| Tabla 4  | Identificación y descripción de los tratamientos .....  | 33 |
| Tabla 5  | Esquema del análisis de varianza.....   | 35 |
| Tabla 6  | Escala porcentual de clasificación de los niveles de control de malezas del 0 al 100.....   | 37 |
| Tabla 7  | Dosis de herbicidas aplicados en 2,4 litros de agua.....  | 38 |
| Tabla 8  | Análisis de varianza de la biomasa fresca de malezas, obtenida a los 28 días de evaluación.....   | 40 |
| Tabla 9  | Coeficientes del modelo de Weibull de la biomasa fresca de malezas presentes en las parcelas de plátano con Glifosato + Ametrina a los 28 días.....           | 40 |
| Tabla 10 | Coeficientes del modelo de Weibull de la biomasa fresca de malezas presentes en las parcelas de plátano con Paraquat + Ametrina a los 28 días.....            | 41 |
| Tabla 11 | Dosis de las mezclas de Glifosato y Paraquat con Ametrina (1 l/ha) necesarias para obtener 85 y 90% de reducción de biomasa fresca de malezas en plátano..... | 42 |
| Tabla 12 | Análisis de varianza de la biomasa seca de malezas, obtenida a los 28 días de evaluación.....   | 44 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabla 13 | Coeficientes del modelo de Weibull de la biomasa seca de malezas presentes en las parcelas de plátano con Glifosato + Ametrina a los 28 días..... | 45 |
| Tabla 14 | Coeficientes del modelo de Weibull de la biomasa seca de malezas presentes en las parcelas de plátano con Paraquat + Ametrina a los 28 días.....  | 45 |
| Tabla 15 | Análisis de varianza del control visual de malezas en plátano. ....   | 47 |
| Tabla 16 | Coeficientes del modelo de Weibull del control visual de malezas en las parcelas de plátano con Glifosato + Ametrina.....                         | 48 |
| Tabla 17 | Coeficientes del modelo de Weibull del control visual de malezas en las parcelas de plátano con Paraquat + Ametrina. ....                         | 51 |
| Tabla 18 | Dosis de las mezclas de Glifosato y Paraquat con Ametrina (1 l/ha) necesarias para obtener 85 y 90% de control visual de malezas en plátano.....  | 53 |
| Tabla 19 | Pesos obtenidos de las malezas presentes antes de iniciar el experimento.....   | 55 |
| Tabla 20 | Pesos de las especies de malezas obtenidas a los 28 días de control con diferentes dosis de Glifosato en mezcla con Ametrina (1 l/ha) .....       | 58 |
| Tabla 21 | Pesos de las especies de malezas obtenidas a los 28 días de control con diferentes dosis de Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha).....         | 61 |

## Índice de figuras

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figura 1  | Ubicación del sitio de la investigación.....  | 30 |
| Figura 2  | Distribución de las unidades experimentales dentro de la plantación de plátano.....   | 34 |
| Figura 3  | Comparación de la biomasa fresca, obtenida a los 28 días, bajo diferentes dosis de Glifosato y Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha).<br>..... | 41 |
| Figura 4  | Dosis óptima en base a la reducción de biomasa fresca de malezas en plátano con Glifosato y Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha)..            | 43 |
| Figura 5  | Comparación de la biomasa seca obtenida en las parcelas de plátano con mezclas de Glifosato y Paraquat con Ametrina (1 l/ha).....                 | 46 |
| Figura 6  | Evaluación visual del control de malezas en plátano con Glifosato + Ametrina .....  | 49 |
| Figura 7  | Evaluación visual del control de malezas en plátano con Paraquat + Ametrina .....   | 52 |
| Figura 8  | Dosis óptima en base al control visual de malezas en plátano con Glifosato y Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha). .....                      | 53 |
| Figura 9  | Composición botánica inicial del área experimental.....   | 56 |
| Figura 10 | Composición botánica de malezas a los 28 días bajo diferentes dosis de Glifosato en mezcla con Ametrina (1 l/ha).....                             | 57 |
| Figura 11 | Composición botánica de malezas a los 28 días bajo diferentes dosis de Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha). .....                            | 60 |

## Resumen

La presencia de malezas en plátano de exportación es el factor principal que merma la producción, debido a la competencia producida por estas plantas, generando pérdidas del rendimiento de hasta un 46%, es por ello que se determinó la dosis óptima de glifosato y paraquat, aplicados en mezcla con ametrina para el control de malezas en plátano de alta densidad, este experimento se lo realizó en un diseño de bloques completamente al azar, las dosis usadas de glifosato y paraquat fueron de 0,25, 0,5 1 y 2 l/ha, mezclados con 1 l/ha de ametrina, la dosis óptima se determinó en función de la biomasa de malezas presentes después de las aplicaciones y evaluaciones visuales cada siete días durante veintiocho días, mediante regresiones no lineales por medio de la ecuación de Weibull de cuatro parámetros y la estimación de dosis efectiva al 90% en el programa estadístico R, como resultado se obtuvo que la mezcla que alcanzó el 90% de efectividad de control de malezas fue de 2 l/ha de paraquat con 1 l/ha de ametrina en la pérdida de biomasa y control visual a los 28 días, mientras que la mezcla de glifosato y ametrina alcanzó el 90% de efectividad a 2,36 l/ha de glifosato en función del control visual, pero no logró alcanzar un 90% de pérdida de biomasa fresca. Se determinó que la dosis de 2 l/ha de paraquat en mezcla con 1 l/ha de ametrina es la más efectiva en el control químico de malezas en plátano de alta densidad, porque mantuvo el control del 90% de malezas durante 28 días.

- Palabras clave:

- **AMETRINA**
- **MALEZAS**
- **GLIFOSATO**
- **PARAQUAT**
- **PLÁTANO**



### **Abstract**

The presence of weeds in export plantains is the main factor that reduces production, due to the competition produced by these plants, generating yield losses of up to 46%, which is why the optimal dose of glyphosate and paraquat was determined, applied in a mixture with ametrin for weed control in high-density plantain, this experiment was carried out in a completely randomized block design, the doses of glyphosate and paraquat used were 0.25, 0.5 1 and 2 l/ha, mixed with 1 l/ha of ametrin, the optimal dose was determined based on the biomass of weeds present after applications and visual evaluations every seven days for twenty-eight days, through non-linear regressions using the Weibull equation of 4 parameters and the estimate of effective dose at 90% in the statistical program R, as a result it was obtained that the mixture that reached 90% of weed control effectiveness was 2 l/ha of paraquat with 1 l/ha of ametrin in the loss of biomass and visual control at 28 days, while the mixture of glyphosate and ametrin reached 90% effectiveness at 2.36 l/ha of glyphosate based on visual control, but did not achieve a 90% loss of fresh biomass. It was determined that the dose of 2 l/ha of paraquat mixed with 1 l/ha of ametrin is the most effective in the chemical control of weeds in high-density plantain, because it maintained control of 90% of weeds for 28 days.

Keywords:

- **AMETRINE**
- **WEEDS**
- **GLYPHOSATE**
- **PARAQUAT**
- **PLANTAIN**

## Capítulo I

### Introducción

Ecuador es un país donde el sector agropecuario es el motor de producción de la economía ecuatoriana. Posee una gran diversidad de productos agrícolas siendo el plátano uno de los más representativos, significando en sus distintas variedades el 32% del comercio mundial. En el Ecuador, la más alta producción de plátano de exportación se encuentra en las provincias de Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos (Álvarez et al., 2020).

Para que la producción de plátano se mantenga estable, es necesario un plan de manejo de malezas, Briones, (2018) afirma que la presencia de malezas es el factor que merma la producción de plátano, debido a la competencia producida por estas plantas, generando pérdidas de hasta un 46% en la producción, además de otros perjuicios colaterales en las labores culturales específicas como dificultades en el deshije, deshoje, deschante, enfundado, además de la deficiencia en la fertilización, control fitosanitario y la cosecha.

En los planes de manejo agronómico del plátano de exportación se incluyen dosis estandarizadas de glifosato y paraquat de 1 a 2 l/ha, (Ulloa et al, 2015), además algunas casas comerciales recomiendan hasta 3 l/ha de estos productos en cultivo de plátano, lo que según Villalba, (2009) generaría resistencia en ciertas especies de malezas por el uso de un mismo ingrediente activo de manera consecutiva a altas dosis.

Flores, (2000) menciona que existen productores de plátano que han optado por el uso de ametrina en el control de malezas, la cual es una triazina que actúa de manera pre y post-emergente, y se aplica con la finalidad de mantener el terreno libre de malezas

por más tiempo, aunque este producto solo actúa de manera eficiente en presencia de luz.

Según Rodríguez, Geshtovt, y Corona, (1978), durante la década del 70 y 80, los productores de plátano empezaron a utilizar la ametrina en mezcla con simazina, como herbicida preemergente con efecto residual, donde se recomendaba la dosis de 2,4 kg/ha de cada herbicida para obtener más del 90% de control e incrementos de 6,6 a 9,2% en la producción del cultivo, aunque estas triazinas según Shaner, (2009) fueron descartadas con el paso del tiempo por el uso del glifosato, como el herbicida de preferencia en plátano tanto por su bajo costo como por su alta demanda por los productores.

Actualmente, en el Ecuador no existe información sobre la dosis óptima de glifosato y paraquat en mezcla con ametrina para el control de malezas en plátano de exportación, algunas investigaciones como la elaborada por Blum & Sabando, (2012) sobre la evaluación de herbicidas para el control de malezas en banano, determinaron que el uso de Gramoxil, un herbicida compuesto en mezcla con paraquat y diuron fue el que obtuvo el mejor control a escala visual de 85% durante un mes, mencionando que las mezclas herbicidas entre un pre emergente y un post-emergente se obtiene mayor eficacia de control de malezas.

Por estos motivos, este trabajo está orientado en determinar la dosis óptima de glifosato y paraquat, aplicados en mezcla con ametrina para el control de malezas en plátano de alta densidad, en función de la biomasa de malezas presentes después de las aplicaciones y evaluaciones visuales cada siete días durante veintiocho días.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### El plátano en Ecuador

Según datos del INIAP (2016), la zona con mayor producción del plátano abarca parte de las provincias de Manabí, Los Ríos, y Santo Domingo de los Tsáchilas con 52612, 14249 y 13376 ha, respectivamente, formando así el denominado triángulo platanero. Entre las variedades más cultivadas dentro de esta zona está el “Plátano Dominicó”, destinado en la mayoría de los casos para autoconsumo y el “Plátano Barraganete” cuyo principal destino es la exportación con un estimado de 90000 <sup>TM</sup> anuales, cifras del INEC (2019) indican que el cultivo del plátano ocupa el 10,38% de la superficie plantada de cultivos permanentes lo que corresponde a 212 980 hectáreas plantadas.

El cultivo de plátano visto desde un punto de vista socioeconómico genera fuentes estables y transitorias de empleo, además como alimento provee gran cantidad de energía a la mayoría de la población ecuatoriana. Según datos de la FAO se estima que la producción de banano y plátano en Ecuador genera alrededor de 249 000 empleos directos lo que constituye una fuente de trabajo e ingresos para miles de familias que laboran en las distintas actividades generadas en la cadena de producción de este cultivo (Álvarez et al., 2020).

#### Herbicidas

En el mundo, la agricultura moderna ha registrado un aumento significativo de la producción, acompañado de un incremento de alimentos cada vez mayor, impulsado por

el uso generalizado de agroquímicos para el control de malezas, plagas y enfermedades, así como también el empleo de fertilizantes. Desde 1950 hasta la actualidad las principales adversidades presentadas en los cultivos han sido resueltas mediante el uso de agroquímicos. La creación de nuevas líneas de herbicidas desde la década de 1940, desencadenó la idea de que el control químico de malezas es la principal herramienta para la erradicación de las mismas, siendo desde entonces el principal método utilizado en el sector agrícola (Villalba, 2009).

Los herbicidas son sustancias químicas que tienen la capacidad de cambiar la fisiología de las plantas, provocando que la planta muera o crezca de forma anormal. Producen efectos letales al actuar sobre el sitio de acción primario y producen una serie de efectos secundarios y terciarios que conducen a la muerte de la planta (Díez de Ulzurrun, 2013).

La serie de eventos que ocurre desde el momento en que la planta absorbe el herbicida hasta la aparición de fitotoxicidad se le denomina modo de acción. Los cambios fisiológicos que se pueden generar en la planta a raíz de la aplicación de un herbicida son un efecto en la regulación del crecimiento, inhibición de la respiración o fotosíntesis, inhibición de la división celular, o la interrupción de procesos metabólicos complejos (Duke, 1996).

Para que el herbicida tenga una acción efectiva sobre la maleza será necesario una cantidad suficiente de ingrediente activo para que este entre en la planta y pueda ser transportado hacia el lugar donde tendrá efecto el modo de acción. Existen herbicidas como el glifosato (sistémico, con movilidad mediante el floema) y el paraquat (herbicida de contacto), los cuales penetran en la planta mediante sus partes aéreas. El éxito de los tratamientos foliares post-emergentes depende de asegurar que se intercepte y retenga una cantidad adecuada de aspersion en el follaje. Los hábitos de crecimiento plano de

algunas plantas de hoja ancha proporcionan un buen alcance para las gotas de rociado, mientras que los hábitos de crecimiento de las poáceas erguidas y estrechas presentan un menor alcance de aspersión, la calidad del asperjado también se ve influenciado por el ángulo de las hojas. Es más probable que en el follaje vertical el compuesto se caiga, especialmente cuando se rocía con gotas grandes (Caseley, 1996).

Según menciona Caseley (1996) de acuerdo a las características comunes que presentan los herbicidas estos se los puede clasificar de la siguiente manera:

- Por tiempo de aplicación (presembrado, preemergencia y postemergencia, etc.).
- Selectividad (selectivos y no selectivos).
- Por su movilidad en la planta (sistémicos y de contacto).
- Familia química (ciclohexanodionas, cloroacetamidas, dinitroanilinas, fenoxiacéticos, sulfonilureas, triazinas, y bupiridilos, entre otros).
- Modo de acción (Inhibidores de la síntesis de pigmentos, inhibidores de la fotosíntesis, etc.)

### **Control de malezas en plátano**

Existen varios métodos de control de malezas en el cultivo de plátano, en plantaciones establecidas destacan el control mecánico y químico, el mecánico se realiza con ayuda de machetes o chapeadoras cuando la maleza supera los 30 cm de altura dentro de la plantación, el empleo de este método implica un alto índice de rebrote de malezas, además el alto costo del jornal que se genera provoca que este método sea poco utilizado en el cultivo (Blum & Sabando, 2012).

### ***Control químico de malezas en plátano***

Los herbicidas por lo general son el método más práctico en el manejo de malezas en cultivos establecidos de plátano debido a la versatilidad que estos poseen tanto económicamente como en su modo de empleo, Terry (1996) afirma que, sin el control químico de malezas, la producción de plátano sería prácticamente imposible.

El control químico de malezas en plátano de exportación según Ulloa et al., (2015), es recomendable cuando la maleza tiene menos de 20 centímetros de altura. En plantaciones jóvenes o menores a tres meses de edad, se emplean herbicidas de contacto como el paraquat a una dosis de 1 a 1,5 l/ha. En plantaciones establecidas se aplica glifosato, que es el herbicida más utilizado en plátano ya establecido, se aplican dosis de 1 a 2 l/ha y se recomienda alternar el uso entre glifosato y paraquat.

### **Resistencia a los herbicidas**

Existen varios factores que influyen la selección de resistencia de las malezas hacia los herbicidas, Hartzler & Pitty, (1997) mencionan que esta resistencia varía principalmente entre la especie de la maleza, las características del herbicida empleado y la variedad de planes de manejo de malezas existentes. Los factores específicos que influyen en la generación de resistencia hacia un herbicida son el mecanismo de acción del herbicida, su efectividad, su residualidad y el patrón de uso del herbicida.

Además, se menciona que el banco de semillas de malezas presentes en el suelo es otro factor de importancia debido a que, por lo general, son descendientes de plantas expuestas a herbicidas. Probablemente, si alguna planta sobrevivió a la aplicación del herbicida, su resistencia se transmite a sus descendientes (Hartzler & Pitty, 1997).

Cirujeda et al., (2020) refutan que la aparición de poblaciones de malezas resistentes se da gracias a dos causas principales: la aplicación de un ingrediente activo de forma consecutiva en el mismo sitio durante varios años y que la maleza del sitio bajo control químico sea propensa a generar resistencia y transmitirla a sus descendientes, donde influyen aspectos biológicos como la alta tasa de precocidad de las malezas, lo que deriva en producción de semillas en menos de cuarenta días desde su germinación, y la diversidad genética de la especie, lo cual contribuye a que haya mayor riesgo de selección de individuos resistentes.

## **Herbicidas usados en plátano**

### ***Glifosato***

Villalba (2009) menciona que el glifosato es un herbicida de amplio espectro que actúa en post-emergencia, presenta cualidades no selectivas, y visto desde el punto de vista ambiental se lo considera “seguro” debido a su persistencia limitada, a su bajo movimiento en agua del subsuelo y a la baja toxicidad en organismos diferentes al blanco. El glifosato actúa inhibiendo la síntesis de aminoácidos en la planta, en algas, bacterias, hongos y de parásitos apicomplejos, al inhibir la enzima EPSPS (5-enolpiruvil shikimato 3- fosfato sintetasa), esta enzima es codificada dentro del núcleo de la célula para luego ser transportada mediante un péptido de transporte hasta el cloroplasto donde termina participando en la ruta metabólica del ácido shikimico. Según menciona Díez de Ulzurrun (2013), la inhibición de la enzima EPSPS impide que se produzca la biosíntesis de fenilalanina, tirosina y triptófano, que actúan como precursores de los metabolitos secundarios como la lignina, flavonoides, alcaloides, ácido benzoico y hormonas vegetales.



Los síntomas que se generan a raíz de la aplicación de glifosato y que se pueden observar a simple vista son la aparición de una leve clorosis en hojas y tejidos jóvenes que se transforma en necrosis luego de 7-14 días de haber hecho la aplicación, otros síntomas que pueden aparecer son coloraciones rojizas y descomposición en órganos subterráneos (Díez de Ulzurrun, 2013).

Pérez et al, (2007) menciona que la absorción del glifosato hacia el interior de la planta se da por medio de la lámina foliar y su transporte interno ocurre vía floema debido a las propiedades físico-químicas que hacen posible su translocación, por otra parte, Shaner (2009) indica que el glifosato actúa de forma sistémica y su efecto se transloca a destinos metabólicos de sacarosa como son los meristemos apicales, órganos reproductivos y meristemos radicales.

No presenta residualidad en el suelo se utiliza en post-emergencia y debido a que es un herbicida de amplio espectro y no selectivo logra controlar especies monocotiledóneas y dicotiledóneas ya sean estas anuales o perennes (Shaner, 2000).

### **Malezas resistentes a glifosato**

Villalba (2009) indica que el glifosato pertenece a la familia de las Glicinas, además que en países como Argentina, Chile, USA, Sudáfrica, España, Colombia, Brasil, Paraguay entre otros, se han identificado biotipos de plantas resistentes a este herbicida tales como: *Amaranthus palmeri*, *Amaranthus rudis*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida*, *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Digitaria insulares*, *Echinochloa colona*, *Eleusine indica*, *Euphorbia heterophylla*, *Lolium multiflorum*, *Lolium rigidum*, *Plantago lanceolata*, *Sorghum halepense*, *Urochloa panicoides*, Zelaya, (2019) también menciona que especies como *Sphagneticola trilobata*, *Syngonium podophyllum* y *Xanthosoma*

*wendlandii*, presentan un control limitado con productos como el glifosato, glufosinato, 2,4-D y sulfometuron.

### ***Paraquat***

El Paraquat es un herbicida de la familia de los bipyridilos, el cual actúa al contacto directo en la parte foliar de las plantas, afectando directamente en la membrana celular por la peroxidación de lípidos, lo cual en pocas horas se produce un marchitamiento en las plantas, luego se produce clorosis y necrosis porque la ruptura de la membrana celular, permite la pérdida de agua de la planta y la deseca rápida y fácilmente, la absorción del ingrediente activo es alta por la presencia de luz y humedad en el terreno de aplicación, de cierto modo, este herbicida actúa en función de la dosis, a mayor dosis, mayor área de control tendrá (Armbrust & Vencill, 2002).

### **Malezas resistentes a paraquat**

Zelaya, (2019) informa que las especies *Conyza canadienses*, *Conyza bonariensis* y *Parthenium hysterophorus* presentan resistencia de manera periódica ante la constante aplicación de paraquat, es decir que la constante aplicación de este herbicida, provoca que los rebrotes de estas malezas sean aún más resistentes a su modo de acción, aumentando la pubescencia y teniendo la capacidad de aumentar su precocidad.

### ***Ametrina***

La ametrina es un herbicida post-emergente temprano de la familia de las triazinas, cuyo momento de aplicación es de hasta 2 a 4 hojas verdaderas o cuando las malezas alcancen un máximo de 5 a 10 cm de altura. La ametrina bloquea el proceso de fotosíntesis, inhibiendo la reacción de Hill, lo que causa que la planta muera. El ingrediente activo es absorbido principalmente por las raíces y se trasloca por el sistema vascular, haciendo que este herbicida también tenga acción en preemergencia, además la acción de este herbicida puede durar en rangos de 1 mes bajo condiciones de lluvia intensa y poca luz solar, hasta 4 meses en condiciones de poca lluvia, alta humedad y mucha luz solar (Peña, 2019).

### ***Ametrina en mezcla con otros herbicidas***

La ametrina según Esqueda et al, (2001) es un herbicida con un modo de acción preemergente y post-emergente, su período de residualidad es corto bajo condiciones normales del trópico y por este motivo, se debe complementar con otras aplicaciones posteriores del mismo o en mezcla con otros herbicidas. Las mezclas más comunes empleadas con ametrina son con 2,4-D, atrazina, diurón y linurón para aplicaciones dirigidas a la calle antes de la siembra, y es empleado con paraquat o dicuat para manejo de malezas en plantaciones ya establecidas.

### ***Mezclas de herbicidas***

Si bien las formulaciones de algunos herbicidas son de un solo ingrediente activo (por ejemplo, el glifosato), en la mayoría de los casos la formulación de los productos son

una mezcla de dos o más ingredientes activos. Las mezclas tienen la facultad de aumentar el espectro de las malezas controladas o a su vez debido a la sinergia entre ellos conjugan la actividad sistémica y de contacto con la residual (por ejemplo 2,4-D y atrazina) generando excelentes resultados en el manejo del cultivo (Caseley, 1996).

Una mezcla tanque resulta de la combinación dentro del tanque de aspersión de dos o más herbicidas formulados independientemente, entre los beneficios que se obtiene de aplicar una mezcla en tanque está el ahorro en tiempo de aplicación y una menor cantidad de agua en el vehículo de asperjado. En muchos casos la combinación de dosis reducidas termina siendo muy efectivas. Por otra parte, las mezclas pueden generar antagonismo pudiendo bloquear la una o la otra sin tener mayor efecto al momento de la aplicación, por lo que lo recomendable es seguir las instrucciones presentes en la etiqueta del producto con respecto a la mezcla tanque, si en caso se contemplan mezclas que no están descritas en la etiqueta será necesario evaluar su efectividad y seguridad sobre los cultivos antes de ser usados (Caseley, 1996).

Ademas para que una mezcla herbicida funcione, las moléculas aplicadas deben trabajar en conjunto, erradicando varios problemas en una sola aplicación, como es el caso de utilizar un preemergente y un herbicida de contacto post-emergente, el post-emergente erradica el área foliar existente de las malezas y el preemergente se encarga de inhibir la germinación o rebrote de nuevas malezas durante un largo periodo de tiempo, reduciendo costos de manejo de la plantación y optimizando recursos agroquímicos (Peña, 2019).

### **Importancia de la dosis óptima de un herbicida**

La importancia de las dosis óptimas debidamente caracterizadas y registradas permiten que la aplicación de los herbicidas, utilizados en el correcto manejo de malezas, sea empleada de forma eficiente, es decir obteniendo mayores resultados de control de malezas con el menor uso de producto, sin ser necesario el exceso o despilfarro (Hartzler & Pitty, 1997).

En el cálculo de la dosis óptima mediante el análisis de regresiones no lineales, utilizando el paquete drc en R, no es necesario obtener estimaciones iniciales de los parámetros de la regresión, debido a que ya existen modelos establecidos para emplearse en el manejo integrado de malezas, al señalar los límites inferiores y superiores en base a lo calculado de la regresión no lineal en aplicaciones de herbicidas, se logra descifrar la dosis óptima (Knezevic et al, 2007).

Datta y Knezevic, (2015) mencionan que el porcentaje eficiente de control de malezas es del 90%, aceptable hasta un 85%, y va a depender de variables como el control visual, índice de valor de importancia de la especie, pérdida de rendimiento del cultivo, etc.

## Capítulo III

### Metodología

#### Ubicación del área experimental

#### *Ubicación política*

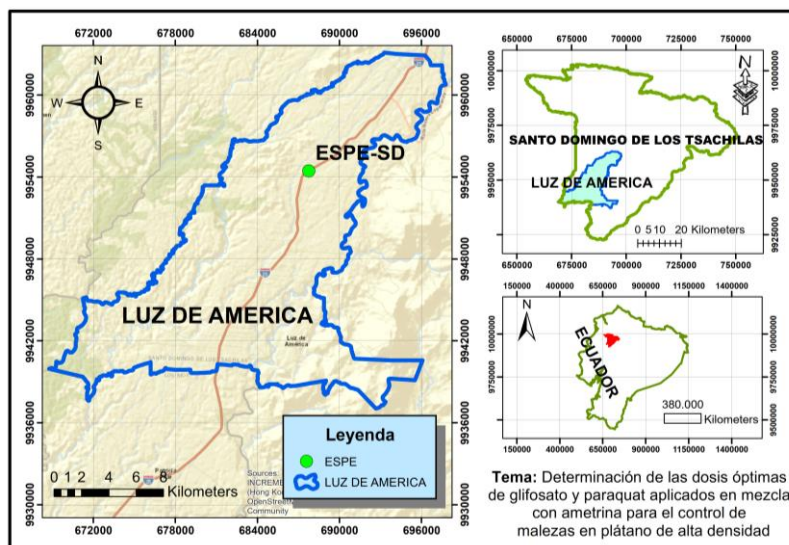
- País: Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo de los Colorados
- Parroquia: Luz de América
- Dirección: Km 24 vía Santo Domingo- Quevedo

#### *Ubicación geográfica*

La Hda. Zoila Luz se encuentra a una altitud de 270 m.s.n.m.

#### Figura 1

#### *Ubicación del sitio de la investigación*



Nota: Ubicación geográfica del lugar donde se instaló el ensayo y se llevó a cabo esta investigación.

### ***Ubicación ecológica***

- Clima: Bosque Húmedo Tropical
- Temperatura: 24-26 °C
- Humedad: 89%
- Pluviosidad: 2980 mm anuales
- Altitud: 270 msnm
- Heliofanía: 660 horas luz

### **Materiales**

#### ***Fase de campo***

#### **Instalación del ensayo.**

**Tabla 1**

*Recursos necesarios para la instalación del ensayo.*

| Materiales/insumos            | Reactivos                  |
|-------------------------------|----------------------------|
| Estacas (80 cm de largo)      | Glifosato (Guadaña) 1 l    |
| Botellas (3 l)                | Paraquat (Gramoxone) 1 l   |
| Jarra medidora (1 l)          |                            |
| Bomba de mochila (20 l)       | Ametrina (Gesapax 500) 1 l |
| Boquillas en abanico 8002     |                            |
| Piola tomatera                |                            |
| Marcador                      |                            |
| Papel adhesivo para etiquetas |                            |
| Marcador negro                |                            |

## Recolección de muestras

**Tabla 2**

*Insumos utilizados para la recolección de muestras de las especies de malezas más representativas por tratamiento.*

| Materiales/insumos                        | Muestras                      |
|---|-------------------------------|
| Fundas de papel                           | Muestras botánicas de malezas |
| Cuadrante de madera (0,5 m <sup>2</sup> ) |                               |
| Grapadora                                 |                               |
| Grapas                                    |                               |
| Marcador permanente negro                 |                               |

### ***Fase de laboratorio***

#### **Pesaje y secado de muestras botánicas**

**Tabla 3**

*Materiales usados para el pesaje de las muestras recolectadas de malezas.*

| Materiales/insumos | Equipos           | Muestras                      |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|
| Libreta            | Estufa            | Muestras botánicas de malezas |
| Esferográficos     | Balanza analítica |                               |

### **Métodos**

#### ***Diseño Experimental***

##### **Factores a Probar**

M: Mezclas de herbicidas (Glifosato + Ametrina (1 l/ha) y Paraquat + Ametrina (1 l/ha))

D: Dosis de Glifosato y Paraquat (0,25 l/ha, 0,5 l/ha, 1 l/ha, 2 l/ha).



Nota: La dosis recomendada por la casa comercial de glifosato y paraquat en el cultivo de plátano es de 2 l/ha, para ametrina en mezcla es 1 a 1,5 l/ha.

### Tratamientos a comparar

**Tabla 4**

*Identificación y descripción de los tratamientos*

| Tratamientos | Descripción   |
|--------------|---|
| T1           | Control de la mezcla Glifosato (0 l/ha) + Ametrina (0 l/ha) |
| T2           | Control de la mezcla Paraquat (0 l/ha) + Ametrina (0 l/ha)  |
| T3           | Mezcla Glifosato (0,25 l/ha) + Ametrina (1 l/ha)            |
| T4           | Mezcla Paraquat (0,25 l/ha) + Ametrina (1 l/ha)             |
| T5           | Mezcla Glifosato (0,5 l/ha) + Ametrina (1 l/ha)             |
| T6           | Mezcla Paraquat (0,5 l/ha) + Ametrina (1 l/ha)              |
| T7           | Mezcla Glifosato (1 l/ha) + Ametrina (1 l/ha)               |
| T8           | Mezcla Paraquat (1 l/ha) + Ametrina (1 l/ha)                |
| T9           | Mezcla Glifosato (2 l/ha) + Ametrina (1 l/ha)               |
| T10          | Mezcla Paraquat (2 l/ha) + Ametrina (1 l/ha)                |

### Tipo de diseño

Se utilizó un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar), dispuesto en arreglo Factorial A x B donde A es la mezcla de los herbicidas a evaluar con Ametrina y B la dosis empleada.

### Repeticiones

Esta investigación contó con cuatro repeticiones por cada tratamiento evaluado.

### Características de las unidades experimentales.

- Número de tratamientos: 10
- Número de repeticiones: 4
- Número de unidades experimentales 40
- Forma de la unidad experimental: Rectangular
- Ancho de la unidad experimental: 3 m
- Largo de la unidad experimental: 9 m
- Área de la unidad experimental: 27 m<sup>2</sup>
- Área neta del ensayo 1080 m<sup>2</sup>
- Área total del ensayo 1215 m<sup>2</sup>

### Croquis de diseño

**Figura 2**

*Distribución de las unidades experimentales dentro de la plantación de plátano.*

|      |       |       |      |       |       |      |      |       |
|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|
| T5R1 | T10R1 | T10R2 | T6R2 | Calle | T1R3  | T3R3 | T7R4 | T2R4  |
| T4R1 | T9R1  | T1R2  | T4R2 |       | T6R3  | T8R3 | T9R4 | T10R4 |
| T3R1 | T8R1  | T2R2  | T9R2 |       | T10R3 | T9R3 | T1R4 | T4R4  |
| T2R1 | T7R1  | T8R2  | T3R2 |       | T5R3  | T7R3 | T6R4 | T5R4  |
| T1R1 | T6R1  | T7R2  | T5R2 |       | T4R3  | T2R3 | T8R4 | T3R4  |

## **Análisis estadístico**

### **Esquema del análisis de varianza**

**Tabla 5**

*Esquema del análisis de varianza.*

| Fuentes de variación | Fórmula       | Grados de libertad |
|----------------------|---------------|--------------------|
| Bloque               | b-1           | 3                  |
| Mezclas              | M-1           | 1                  |
| Dosis                | D-1           | 4                  |
| Mezclas*Dosis        | (M-1)*(D-1)   | 4                  |
| Error Experimental   | (n-1) - (T-1) | 28                 |
| Total                | n-1           | 39                 |

### **Análisis funcional**

Se emplearon regresiones no lineales aplicando la ecuación de Weibull con cuatro parámetros empleando el siguiente modelo matemático:

$$f(x) = c + (d - c) \exp(-\exp(b(\log(x) - \log(e))))$$

De las regresiones no lineales obtenidas, se determinó la dosis óptima o efectiva de las mezclas aplicadas mediante el ED85 y ED90, los cuales son parámetros estándar usados con frecuencia para describir la respuesta de las malezas a los herbicidas (Knezevic et al., 2007).

**Variables evaluadas.*****Composición botánica inicial.***

Se empleó un cuadrante de madera de 0,5 m<sup>2</sup> el cual se lanzó al azar dentro del área experimental, se recolectó la maleza presente dentro del cuadrante, donde se las identificó por especie y se colocó en las fundas de papel. Esta variable se evaluó después de la delimitación del área experimental pero antes de la aplicación de los tratamientos.

***Peso fresco inicial.***

El peso fresco inicial se lo registró después de la composición botánica, con ayuda de una balanza analítica, se pesó las muestras identificadas en el área experimental.

***Peso seco inicial.***

Se dejó las muestras identificadas al inicio en una estufa a 50°C durante tres días, luego de ese tiempo se volvió a pesar cada muestra con ayuda de la balanza analítica.

***Evaluación visual.***

Se evaluó visualmente el efecto de control de malezas de cada tratamiento a partir de 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación de los tratamientos, para la evaluación se empleó la siguiente tabla:

**Tabla 6**

*Escala porcentual de clasificación de los niveles de control de malezas del 0 al 100.*

| Puntaje | Descripción de las categorías principales | Descripción detallada                  |
|---------|---|--|
| 0       | Sin efecto alguno                         | Sin control                            |
| 10      | Efectos ligeros                           | Control muy pobre                      |
| 20      |   | Control pobre                          |
| 30      |   | Control pobre a deficiente             |
| 40      | Efectos moderados                         | Control deficiente                     |
| 50      |   | Control deficiente a moderado          |
| 60      |   | Control moderado                       |
| 70      | Efectos severos                           | Control por debajo de lo satisfactorio |
| 80      |   | Control satisfactorio a bueno          |
| 90      |   | Control muy bueno a excelente          |
| 100     | Efecto completo                           | Control total                          |

Nota: esta tabla describe las categorías del control de malezas para la evaluación visual.

Tomado de Frans et al., (1986, págs. 29-46).

#### ***Composición botánica a los 28 días.***

Se empleó el mismo cuadrante de 0,5 m<sup>2</sup>, se tomó muestras de cada unidad experimental, se recolectó la maleza presente dentro del cuadrante, donde se las identificó por especie y se colocó en las fundas de papel.

#### ***Peso fresco a los 28 días.***

Se pesó las muestras obtenidas de cada unidad experimental con ayuda de una balanza analítica

#### ***Peso seco a los 28 días.***

Se dejaron todas las muestras en una estufa a 50°C por tres días, luego se pesaron las muestras con una balanza analítica.

## **Métodos específicos del manejo**

### **Fase de campo.**

#### **Calibración de bomba.**

Para la calibración de la bomba de mochila, se siguió la metodología VADD (verifique, afore, determine y dosifique) mencionada por Bustillo, Montes, & Vélez, (2020), se verificó que la bomba se encontraba limpia y sin fugas de agua, luego con ayuda de una jarra medidora, se aforó 1,8 litros de agua, que es la cantidad que salió en un minuto, luego se determinó el tiempo de aplicación, haciendo un simulacro con la bomba vacía en un terreno plano, se determinó que en 80 segundos se recorrió en ida y vuelta 72 pasos de un metro aproximadamente, cubriendo un área de 108 m<sup>2</sup> lo que corresponde a un tratamiento dentro de los cuatro bloques, después se aforó las botellas en 2,4 litros, cantidad de agua obtenida a los 80 segundos, por último se dosificó cada tratamiento en 2,4 litros como se muestra a continuación:

**Tabla 7**

*Dosis de herbicidas aplicados en 2,4 litros de agua.*

| Tratamientos | Dosis de herbicidas por hectárea | Dosis de herbicidas en 2,4 litros de agua. |
|--------------|----------------------------------|--|
| T3           | Glifosato (0,25 l/ha)            | Glifosato (2,5 ml)                         |
| T4           | Paraquat (0,25 l/ha)             | Paraquat (2,5 ml)                          |
| T5           | Glifosato (0,5 l/ha)             | Glifosato (5 ml)                           |
| T6           | Paraquat (0,5 l/ha)              | Paraquat (5 ml)                            |
| T7           | Glifosato (1 l/ha)               | Glifosato (10 ml)                          |
| T8           | Paraquat (1 l/ha)                | Paraquat (10 ml)                           |
| T9           | Glifosato (2 l/ha)               | Glifosato (20 ml)                          |
| T10          | Paraquat (2 l/ha)                | Paraquat (20 ml)                           |

Nota: la dosis de ametrina es estándar y se aplicó 10 ml en 2,4 litros de agua.

***Delimitación de unidades experimentales.***

Se delimitó el área experimental teniendo en cuenta el distanciamiento de siembra del plátano que fue de 3x3 m, se tomaron plantas de plátano y se cerró el perímetro con cinta tomatera, luego se dividió en cuatro bloques y se señaló cada tratamiento con estacas previamente pintadas y etiquetadas.

***Aplicación de las mezclas de herbicidas.***

Se llevó las botellas con la solución ya preparada, se aplicó empezando desde la menor dosis de Glifosato y Paraquat hasta la mayor, teniendo en cuenta de aplicar dentro de toda el área de la unidad experimental designada.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### Biomasa fresca

**Tabla 8**

*Análisis de varianza de la biomasa fresca de malezas, obtenida a los 28 días de evaluación.*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc    | p-valor      |
|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|--------------|
| Bloque               | 3                  | 20062             | 6687             | 2,366 | 0,103071     |
| Mezcla               | 1                  | 13227             | 13227            | 4,680 | 0,043474 *   |
| Dosis                | 4                  | 101424            | 25356            | 8,971 | 0,000303 *** |
| Mezcla:Dosis         | 4                  | 758               | 253              | 0,089 | 0,965026     |
| Total                | 20                 | 53701             | 2826             |       |              |

Códigos de significancia: '\*\*\*' 0,1%, '\*\*' 1%, '\*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la Tabla 8 se observa que tanto las dosis como las mezclas de Glifosato + Ametrina y Paraquat + Ametrina tuvieron efecto significativo sobre la pérdida de peso de la biomasa obtenida a los 28 días de las parcelas de plátano.

**Tabla 9**

*Coefficientes del modelo de Weibull de la biomasa fresca de malezas presentes en las parcelas de plátano con Glifosato + Ametrina a los 28 días.*

| Parámetro               | Estimado  | Error estándar | t-valor | p-valor   |
|-------------------------|-----------|----------------|---------|-----------|
| Pendiente (b)           | 1,880688  | 0,561267       | 3,3508  | 0,18463   |
| Límite inferior (c)     | 17,371531 | 2,421594       | 7,1736  | 0,08818 . |
| Límite superior (d)     | 86,160573 | 3,414392       | 25,2345 | 0,02521 * |
| Punto de inflexión (e)  | 0,281783  | 0,024046       | 11,7184 | 0,05420 . |
| Error estándar residual |           |                |         | 3,414371  |

Códigos de significancia: '\*\*\*' 0,1%, '\*\*' 1%, '\*' 5%, '.' 10%, ' ' ns



**Tabla 10**

*Coefficientes del modelo de Weibull de la biomasa fresca de malezas presentes en las parcelas de plátano con Paraquat + Ametrina a los 28 días.*

| Parámetro               | Estimado | Error estándar | t-valor | p-valor     |
|-------------------------|----------|----------------|---------|-------------|
| Pendiente (b)           | 0,38568  | 0,11492        | 3,3562  | 0,078471 .  |
| Límite superior (d)     | 86,07009 | 4,95959        | 17,3543 | 0,003304 ** |
| Punto de inflexión (e)  | 0,33069  | 0,10803        | 3,0610  | 0,092203 .  |
| Error estándar residual |          |                |         | 4,953289    |

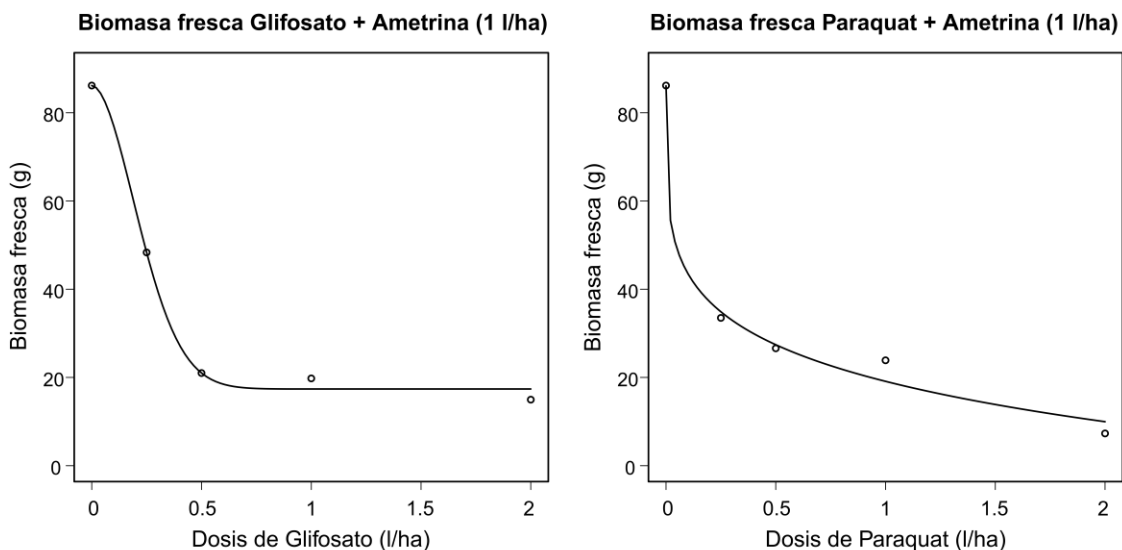
Códigos de significancia: '\*\*\*' 0,1%, '\*\*' 1%, '\*' 5%, '.' 10%, '.' ns

Nota: el límite inferior (c) fue igual a 0.

En las Tablas 9 y 10, se muestran los parámetros de regresión de la biomasa fresca obtenida a los 28 días, utilizando el modelo matemático de Weibull de cuatro parámetros en cada mezcla aplicada.

**Figura 3**

*Comparación de la biomasa fresca, obtenida a los 28 días, bajo diferentes dosis de Glifosato y Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha).*



En la figura 3 al observar la curva de comportamiento de la biomasa fresca descrita por las dosis de glifosato + ametrina (1 l/ha), es notable que la pérdida de biomasa se estabiliza a partir de la dosis de 0.5 l/ha disminuyendo de ahí en adelante mínimamente, a causa de la composición botánica resistente a este herbicida presente en el bloque de estudio. Con la mezcla de paraquat + ametrina, la curva aún no se estabiliza con la dosis máxima de 2 l/ha, es decir mientras más paraquat se añade a la mezcla, mayor pérdida de biomasa de malezas existirá.

### ***Dosis óptima biomasa.***

**Tabla 11**

*Dosis de las mezclas de Glifosato y Paraquat con Ametrina (1 l/ha) necesarias para obtener 85 y 90% de reducción de biomasa fresca de malezas en plátano.*

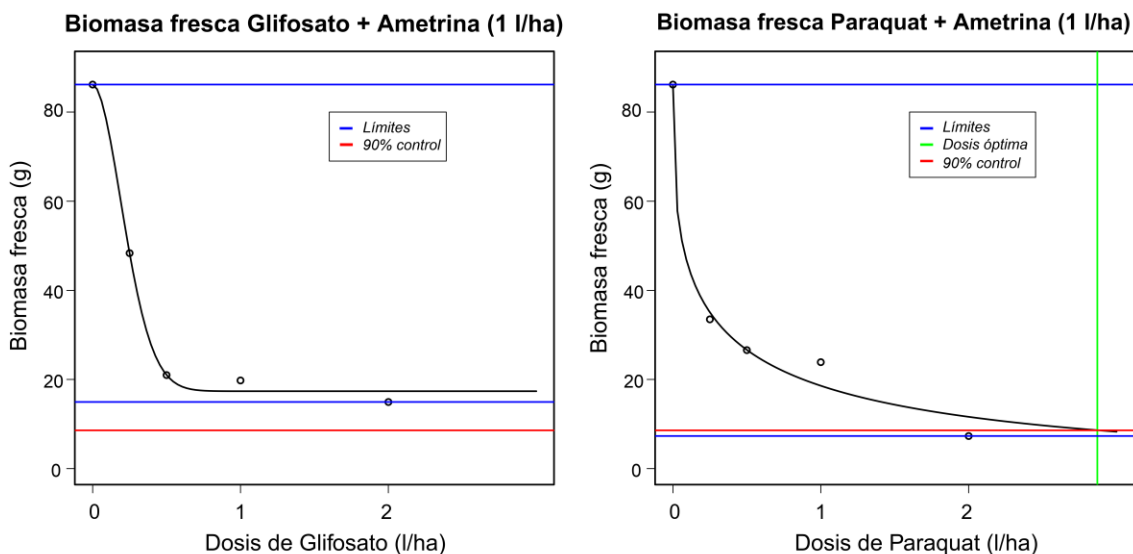
| Mezcla               | Pendiente (b) | Error estándar | ED <sub>85</sub> (± SE) | ED <sub>90</sub> (± SE) |
|----------------------|---------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| Glifosato + Ametrina | 1,880688      | 0,561267       | ND                      | ND                      |
| Paraquat + Ametrina  | 0,38568       | 0,11492        | 1,74 (±0,67)            | 2,87 (±1,45)            |

Nota: "ND" no hay datos. La función ED (Estimated effective doses) se calculó al 85 y 90% de eficacia según Datta & Knezevic, (2015), y fue calculado en el programa estadístico R.

En la tabla 11 se observa que el empleo de glifosato más ametrina no logró sobrepasar el 85% de pérdida de biomasa fresca, por lo que no se pudo determinar la dosis efectiva del glifosato por medio de este parámetro. En paraquat se alcanzó el 85% de reducción de biomasa de las malezas (ED<sub>85</sub>) con la dosis de 1,74 (±0,67) l/ha y logra el 90% de control (ED<sub>90</sub>) en la dosis de 2,87 (±1,45) l/ha.

#### Figura 4

Dosis óptima en base a la reducción de biomasa fresca de malezas en plátano con Glifosato y Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha).



En la figura 4 se observa como la pérdida de biomasa fresca producida por la acción de las distintas dosis de glifosato + ametrina (1 l/ha) no lograron sobrepasar el 90% de pérdida de biomasa, esto debido a la composición botánica de las malezas presentes en el lugar tales como *Conyza bonariensis* y *Sphagneticola trilobata*, que según reporta Zelaya (2019) presentan un control limitado en respuesta a productos como el glifosato, tal como se ve en la composición botánica de la tabla 20.

En cuanto a la mezcla de paraquat con ametrina, se observa en la figura 4 que logró alcanzar el 90% de pérdida de biomasa en la dosis de 2,87 l/ha, el valor de la dosis efectiva estimada fue de 2,87 ( $\pm 1,45$ ) l/ha (tabla 11), es decir, que se alcanza el 90% de pérdida de biomasa de las malezas en la dosis de 2 l/ha de paraquat en mezcla con 1 l/ha de ametrina, debido a que el modo de acción del paraquat, al ser de contacto, permite la reducción inmediata del área foliar de las malezas en muy poco tiempo con dosis recomendadas (Armbrust & Vencill, 2002), y la ametrina al ser un herbicida de tipo pre y

post-emergente temprano y tener baja residualidad en condiciones de campo del trópico (Esqueda et al, 2001) hace que esta mezcla sea eficaz en la pérdida de biomasa de malezas y evita el brote de nuevas malezas durante un largo período de tiempo.

## Biomasa seca

**Tabla 12**

*Análisis de varianza de la biomasa seca de malezas, obtenida a los 28 días de evaluación.*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc    | p-valor      |
|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|--------------|
| Bloque               | 3                  | 443.1             | 1329             | 3.692 | 0.030053 *   |
| Mezcla               | 1                  | 356               | 355.6            | 2.963 | 0.101420     |
| Dosis                | 4                  | 3547              | 886.7            | 7.389 | 0.000912 *** |
| Mezcla:Dosis         | 4                  | 6                 | 2.0              | 0.017 | 0.996931     |
| Total                | 20                 | 2280              | 120.0            |       |              |

Códigos de significancia: '\*\*\*' 0,1%, '\*\*' 1%, '\*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la Tabla 12 se observa que las dosis de Glifosato + Ametrina y Paraquat + Ametrina tuvieron efecto significativo sobre la pérdida de peso de la biomasa seca obtenida a los 28 días de las parcelas de plátano. Cabe recalcar que existe diferencia significativa entre bloques lo cual se puede atribuir a que en uno de los bloques hubo aplicaciones previas de herbicidas.

**Tabla 13**

*Coefficientes del modelo de Weibull de la biomasa seca de malezas presentes en las parcelas de plátano con Glifosato + Ametrina a los 28 días.*

| Parámetro               | Estimado | Error estándar | t-valor | p-valor   |
|-------------------------|----------|----------------|---------|-----------|
| Pendiente (b)           | 0,97021  | 1,57942        | 0,6143  | 0,64932   |
| Límite inferior (c)     | 4,77165  | 4,00081        | 1,1927  | 0,44420   |
| Límite superior (d)     | 17,42411 | 1,92625        | 9,0456  | 0,07009 . |
| Punto de inflexión (e)  | 0,35423  | 0,28057        | 1,2626  | 0,42645   |
| Error estándar residual |          |                |         | 1,940752  |

Códigos de significancia: '\*\*\*' 0,1%, '\*\*' 1%, '\*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

**Tabla 14**

*Coefficientes del modelo de Weibull de la biomasa seca de malezas presentes en las parcelas de plátano con Paraquat + Ametrina a los 28 días.*

| Parámetro               | Estimado  | Error estándar | t-valor | p-valor     |
|-------------------------|-----------|----------------|---------|-------------|
| Pendiente (b)           | 0,527090  | 0,076436       | 6,8958  | 0,020389 *  |
| Límite superior (d)     | 17,347472 | 0,637258       | 27,2221 | 0,001347 ** |
| Punto de inflexión (e)  | 0,900587  | 0,116567       | 7,7259  | 0,016344 *  |
| Error estándar residual |           |                |         | 0,6371987   |

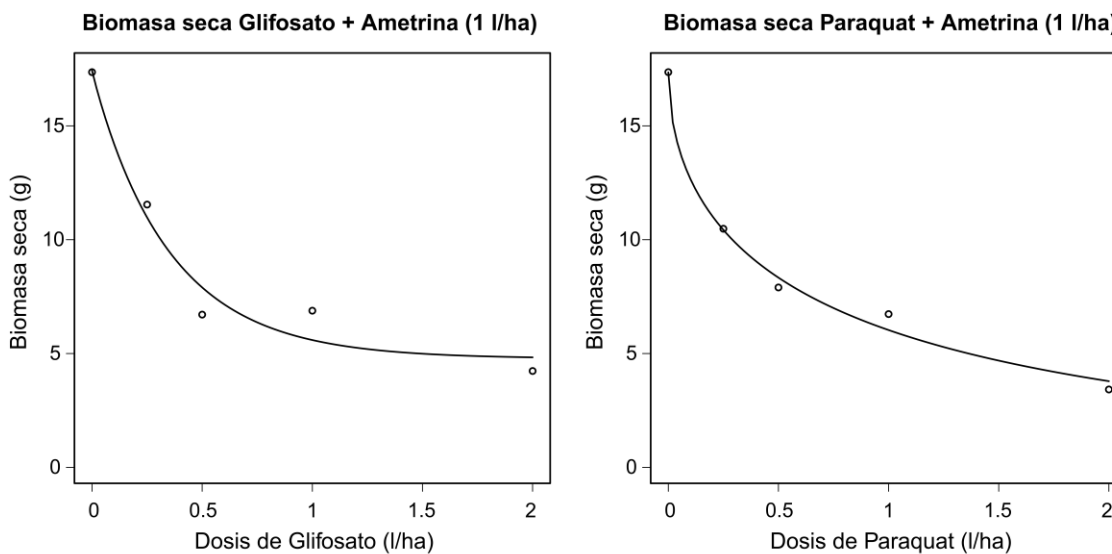
Códigos de significancia: '\*\*\*' 0,1%, '\*\*' 1%, '\*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

Nota: el límite inferior (c) fue igual a 0.

En las Tablas 13 y 14, se muestran los parámetros de regresión de la biomasa seca obtenida a los 28 días, utilizando el modelo matemático de Weibull de cuatro parámetros en cada mezcla aplicada, donde la tabla 13 muestra que la mezcla de glifosato y ametrina no tuvo significancia estadística en ninguno de sus parámetros, mientras que los parámetros de la tabla 14 de la mezcla de paraquat y ametrina, indican diferencia significativa para cada uno de ellos.

**Figura 5**

*Comparación de la biomasa seca obtenida en las parcelas de plátano con mezclas de Glifosato y Paraquat con Ametrina (1 l/ha).*



En la figura 5 se observa comportamientos similares a los mostrados en la figura 3, se puede observar en la primera gráfica como a partir de las dosis de 0.5 l/ha de glifosato + ametrina (1 l/ha) la pérdida de biomasa seca tiende a estabilizarse sin presentar mayores cambios en sus pesos, de la misma manera en la mezcla de paraquat con ametrina, existe la misma tendencia de disminución en el peso seco de las malezas debido a la cantidad de malezas recolectadas en cada tratamiento a los 28 días.

## Diagnóstico visual

**Tabla 15**

*Análisis de varianza del control visual de malezas en plátano.*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Fc     | p-valor      |
|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------|--------------|
| Bloque               | 3                  | 815               | 272              | 0,941  | 0,4234       |
| Mezcla               | 1                  | 28722             | 28722            | 99,496 | < 2e-16 ***  |
| Dosis                | 4                  | 67555             | 16889            | 58,504 | < 2e-16 ***  |
| Día                  | 3                  | 10527             | 3509             | 12,156 | 6,85e-07 *** |
| Mezcla:Dosis         | 4                  | 964               | 321              | 1,113  | 0,3474       |
| Mezcla:Día           | 3                  | 7549              | 2516             | 8,717  | 3,24e-05 *** |
| Dosis:Día            | 12                 | 6980              | 582              | 2,015  | 0,0298 *     |
| Mezcla:Dosis:Día     | 9                  | 2669              | 297              | 1,027  | 0,4234       |
| Total                | 106                | 30311             | 289              |        |              |

Códigos de significancia: '\*\*\*' 0,1%, '\*\*' 1%, '\*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

El análisis de varianza mostrado en la tabla 15 muestran altos niveles de significancia en las mezclas, dosis y días, también al comparar las mezclas aplicadas contra los días evaluados y la dosis contra los días de aplicación presentaron diferencia significativa, es decir que todas estas fuentes de variación tuvieron diferencias durante los 28 días de evaluación.

**Tabla 16**

*Coefficientes del modelo de Weibull del control visual de malezas en las parcelas de plátano con Glifosato + Ametrina.*

| Días de control         | Parámetro              | Estimado  | Error estándar | t-valor | p-valor   |
|-------------------------|------------------------|-----------|----------------|---------|-----------|
| 7                       | Pendiente (b)          | -0,671335 | 0,590670       | -1,1366 | 0,3736    |
|                         | Límite inferior (c)    | -0,026763 | 11,067461      | -0,0024 | 0,9983    |
|                         | Punto de inflexión (e) | 0,277565  | 0,344457       | 0,8058  | 0,5049    |
| Error estándar residual |                        |           | 10,64806       |         |           |
| 14                      | Pendiente (b)          | -0,653799 | 0,133898       | -4,8828 | 0,03948 * |
|                         | Límite inferior (c)    | -0,028817 | 5,166590       | -0,0056 | 0,99606   |
|                         | Punto de inflexión (e) | 0,190459  | 0,051016       | 3,7333  | 0,06485 . |
| Error estándar residual |                        |           | 5,170972       |         |           |
| 21                      | Pendiente (b)          | 1,0256295 | 0,2696286      | -3,8039 | 0,16366   |
|                         | Límite inferior (c)    | 0,0015623 | 2,7061306      | 0,0006  | 0,99963   |
|                         | Punto de inflexión (e) | 0,2131145 | 0,0203757      | 10,4593 | 0,06068 . |
| Error estándar residual |                        |           | 2,704779       |         |           |
| 28                      | Pendiente (b)          | -1,00777  | 0,40982        | -2,4591 | 0,1331    |
|                         | Límite inferior (c)    | 0,63950   | 13,55742       | 0,0472  | 0,9667    |
|                         | Punto de inflexión (e) | 0,25344   | 0,10487        | 2,4168  | 0,1369    |
| Error estándar residual |                        |           | 13,38577       |         |           |

Códigos de significancia: '\*\*\*\*' 0,1%, '\*\*\*' 1%, '\*\*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

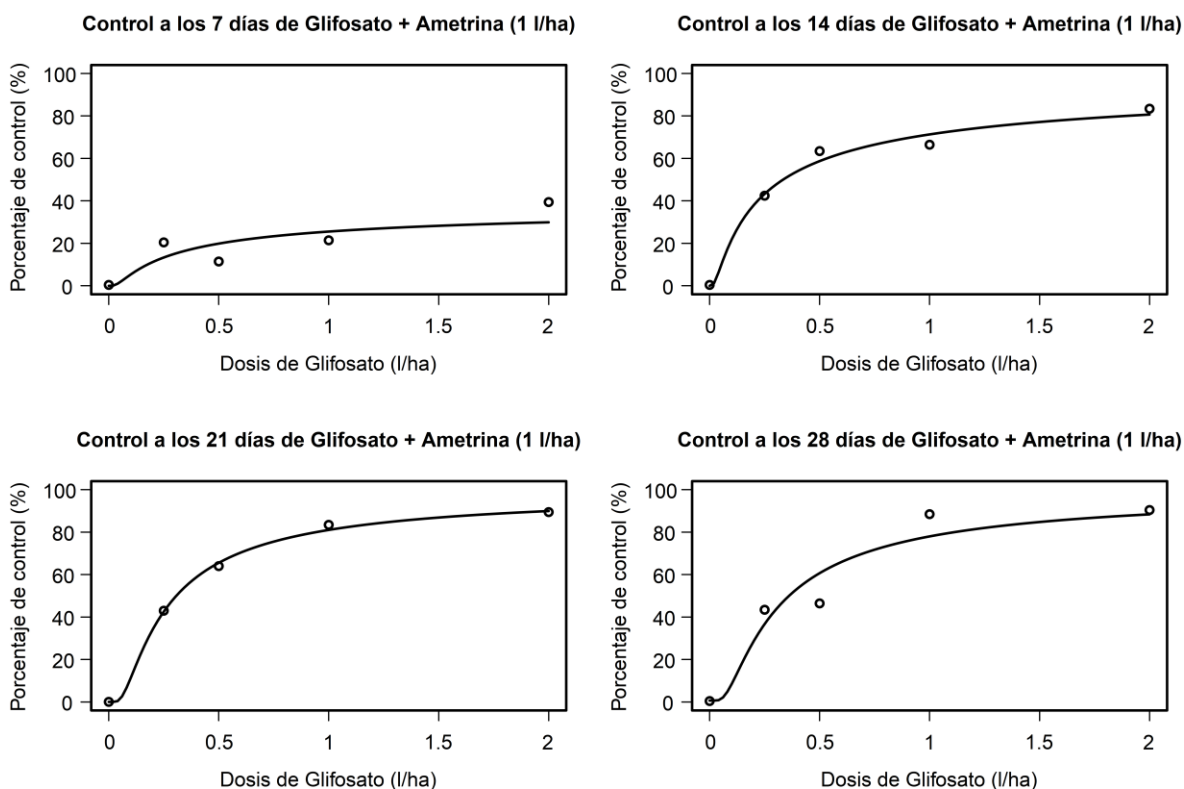
Nota: Los límites superiores (d) fueron iguales a 100.

En la Tabla 16, se muestran los parámetros de regresión de la evaluación visual evaluados cada siete días durante cuatro semanas, utilizando el modelo matemático de Weibull de cuatro parámetros en cada mezcla aplicada, los datos indican que tan solo en el día 14 la pendiente se mostró con diferencia estadística mientras que los demás parámetros no mostraron ningún tipo de significancia en ninguno de los días evaluados.



**Figura 6**

*Evaluación visual del control de malezas en plátano con Glifosato + Ametrina*



En la figura 6 se puede observar el comportamiento de las distintas dosis de glifosato + ametrina (1l /ha) a lo largo de los 28 días de evaluación, es evidente que la respuesta al glifosato en la primera semana no superó el 40% de control, esto debido a que el glifosato actúa inhibiendo la producción de la enzima EPSPS impidiendo que se produzca la biosíntesis de fenilalanina, tirosina y triptófano, que actúan como precursores de los metabolitos secundarios en la planta lo que produce una leve clorosis en hojas y tejidos jóvenes que se transforman en necrosis luego de 7-14 días tal como lo indica Díez de Ulzurrun (2013), esta es la razón por la que a partir de los 14 días ya se pudo evidenciar

tal como se describe en la gráfica un control del 83% en la dosis más alta de glifosato (2 l/ha) y un control del 53% en la dosis más baja (0.25 l/ha).

En el día 21 la dosis de 1 y 2 l/ha sobrepasaron el 80% de control de las malezas presentes lo que, según la tabla descrita por Frans et al., (1986) corresponde a un “control satisfactorio bueno” por otra parte las dosis de 0,25 y 0,5 l/ha presentaron un control entre el 50 y 60 % lo que, según la misma tabla expuesta por Frans et al., (1986) indica un “control deficiente moderado”.

La última evaluación realizada a los 28 días muestra que los tratamientos con dosis bajas tendieron a disminuir su control habiendo rebrotes de las malezas presentes, alcanzando así hasta este día un control entre el 40 y 50% lo que en la escala visual se indica como un “control deficiente”. sin embargo, las dosis de 1 y 2 l/ha alcanzaron el 90% lo que, según escala visual descrita por Frans et al., (1986) representa un “control muy bueno a excelente”. Cabe resaltar que debido a la composición botánica del lugar donde existían especies como *Sphagneticola trilobata* y *Conyza bonariensis* las cuales presentan resistencia a al glifosato según menciona Zelaya (2019) no se logró alcanzar el 100% lo que corresponde en la escala visual a un “control total”.

**Tabla 17**

*Coefficientes del modelo de Weibull del control visual de malezas en las parcelas de plátano con Paraquat + Ametrina.*

| Días de control         | Parámetro              | Estimado  | Error estándar | t-valor | p-valor   |
|-------------------------|------------------------|-----------|----------------|---------|-----------|
| 7                       | Pendiente (b)          | -0,872511 | 0,288079       | -3,0287 | 0,09391 . |
|                         | Límite inferior (c)    | 0,189470  | 8,644757       | 0,0219  | 0,98450   |
|                         | Punto de inflexión (e) | 0,155795  | 0,064119       | 2,4298  | 0,13573   |
| Error estándar residual |                        |           | 8,619026       |         |           |
| 14                      | Pendiente (b)          | -0,925116 | 0,196569       | -4,7063 | 0,04230 * |
|                         | Límite inferior (c)    | 0,050644  | 4,438516       | 0,0114  | 0,99193   |
|                         | Punto de inflexión (e) | 0,115315  | 0,032836       | 3,5119  | 0,07239 . |
| Error estándar residual |                        |           | 4,435598       |         |           |
| 21                      | Pendiente (b)          | -0,797509 | 0,293357       | -2,7186 | 0,1129    |
|                         | Límite inferior (c)    | 0,112905  | 8,235318       | 0,0137  | 0,9903    |
|                         | Punto de inflexión (e) | 0,112041  | 0,062022       | 1,8065  | 0,2126    |
| Error estándar residual |                        |           | 8,22212        |         |           |
| 28                      | Pendiente (b)          | -0,979916 | 0,187565       | -5,2244 | 0,03474 * |
|                         | Límite inferior (c)    | 0,162834  | 5,779783       | 0,0282  | 0,98008   |
|                         | Punto de inflexión (e) | 0,214246  | 0,041666       | 5,1420  | 0,03580 * |
| Error estándar residual |                        |           | 5,766428       |         |           |

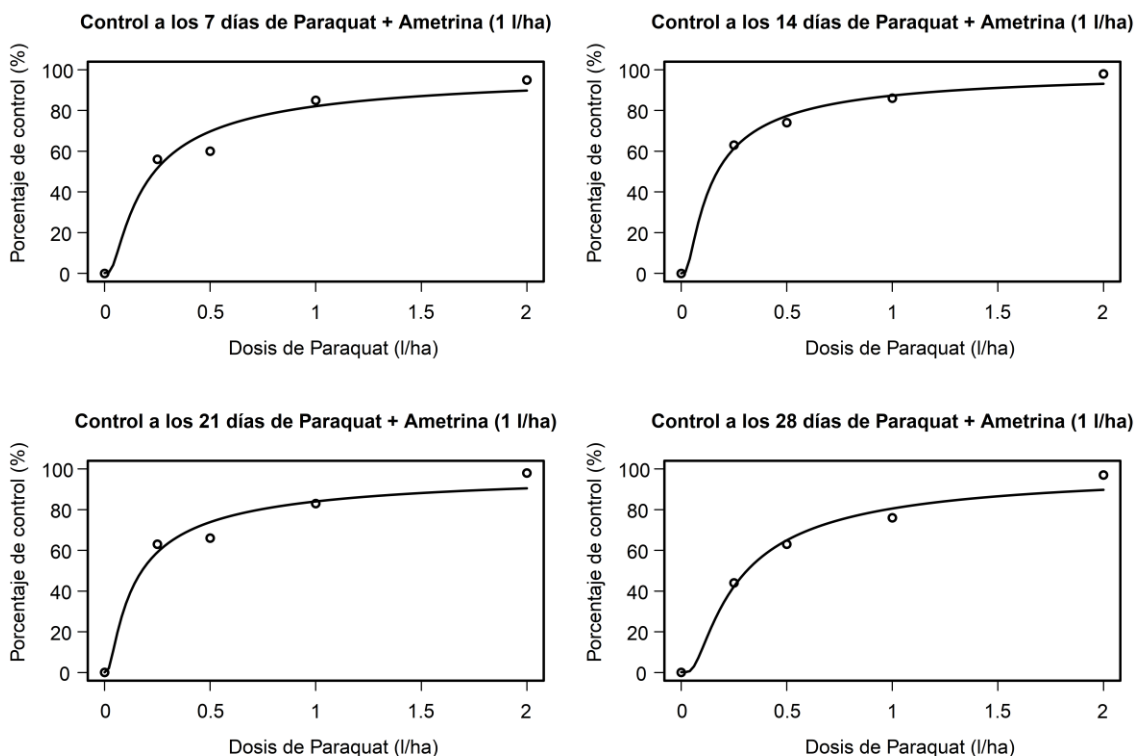
Códigos de significancia: '\*\*\*\*' 0,1%, '\*\*\*' 1%, '\*\*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

Nota: Los límites superiores (d) fueron iguales a 100.

En la Tabla 17, se muestran los parámetros de regresión no lineal de la evaluación visual cada siete días durante cuatro semanas, los datos indican que los días 14 y 28, la pendiente (b) formada en la regresión presentan significancia estadística.

**Figura 7**

*Evaluación visual del control de malezas en plátano con Paraquat + Ametrina*



En la figura 7 se muestra la evaluación visual de control de malezas cada 7 días durante cuatro semanas, se observa que, desde la primera semana, ya existió control hasta el 90 % según la escala de niveles de control porcentual de Frans et al., (1986) en la dosis de 2 l/ha de paraquat, la dosis de 1 l/ha de paraquat alcanzó el 80% en la primera semana. Conforme avanzan los días de evaluación visual, hasta llegar la dosis de 2 l/ha de paraquat mantuvo el porcentaje alto de control de 90 a 95%, Armbrust & Vencill, (2002) mencionan que este herbicida actúa conforme a la dosis, a mayor dosis, mayor efecto de control existirá.

A los 28 días de control visual se observa que la dosis de 2 l/ha mantiene el 95% de control, las dosis más bajas a esta empezaron a perder su efecto de control durante este tiempo lo que significa que ya existe rebrote de nuevas malezas en la plantación, la

mezcla de 2 l/ha de paraquat con 1 l/ha de ametrina trabajo en conjunto, debido a que el paraquat, como herbicida de contacto post-emergente, erradicó toda el área foliar presente al principio, y la ametrina como un herbicida sistémico preemergente y post-emergente, disminuyó la incidencia de rebrote de nuevas malezas al momento que el paraquat erradico toda el área foliar en la primera semana (Peña, 2019).

### ***Dosis óptima control visual***

**Tabla 18**

*Dosis de las mezclas de Glifosato y Paraquat con Ametrina (1 l/ha) necesarias para obtener 85 y 90% de control visual de malezas en plátano.*

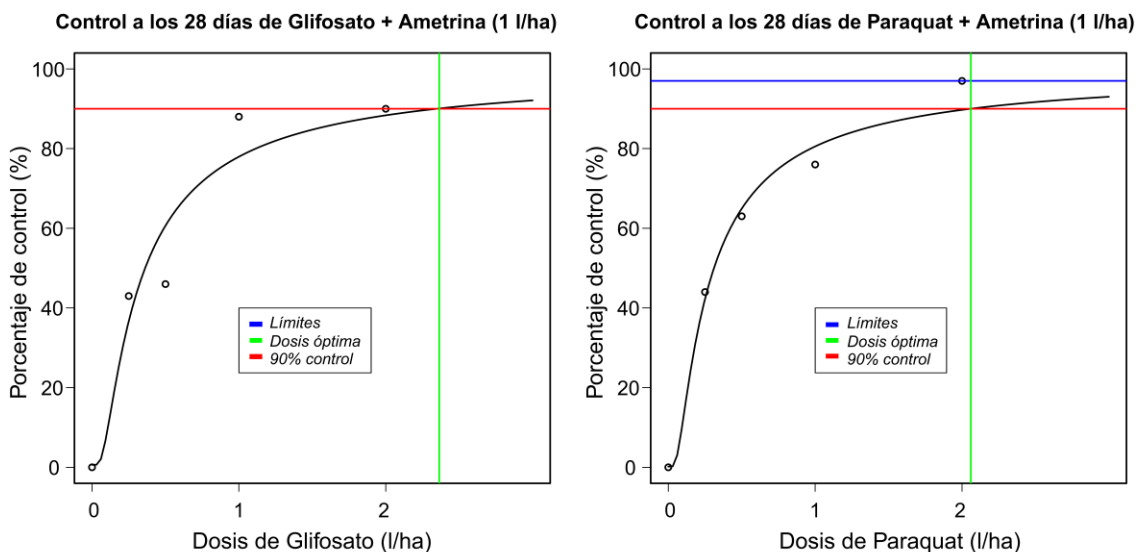
| Mezcla               | Pendiente (b) | Error estándar | ED <sub>85</sub> (± SE) | ED <sub>90</sub> (± SE) |
|----------------------|---------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| Glifosato + Ametrina | -1,00777      | 0,40982        | 1,54 (±0,89)            | 2,36 (±1,73)            |
| Paraquat + Ametrina  | -0,979916     | 0,187565       | 1.34 (±0.38)            | 2,06 (±0,75)            |

Nota: "ND" no hay datos. La función ED (Estimated effective doses) se calculó al 85 y 90% de eficacia según Datta & Knezevic, (2015), y fue calculado en el programa estadístico R.

La tabla 18 indica que si se desea alcanzar un 85% de efectividad con la mezcla de glifosato + ametrina (1 l/ha) será necesaria una dosis de 1,54 l/ha de glifosato, también se indica que para esta dosis existe un error estándar de ±0,89, de igual manera si lo que se desea es un control efectivo del 90% de las malezas presentes será necesaria una dosis de 2,36 l/ha con un error estándar de ±1,73. En cuanto al paraquat, la dosis que alcanza el 90% de efectividad es 2,06 ±0,75, cercana a la dosis aplicada de 2 l/ha.

**Figura 8**

*Dosis óptima en base al control visual de malezas en plátano con Glifosato y Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha).*



En la figura 8 se observa que la dosis para alcanzar el 90% de efectividad sobre el control de malezas es de 2,36 l/ha de glifosato en mezcla con ametrina (1 l/ha) pero tal como se mostró en la tabla 18 también se puede alcanzar un control del 85% de malezas utilizando una dosis de 1,54 l/ha de glifosato en mezcla con ametrina, (1 l/ha) lo que según la escala visual descrita por Frans et al., (1986) corresponde a un “control satisfactorio a bueno” con efectos severos sobre las malezas. Aun así, cabe recalcar que tanto la dosis de 1 y 2 l/ha de glifosato + ametrina (1 l/ha) llegaron a los 28 días de evaluación con un control de 88 y 90 % respectivamente.

En el caso de la mezcla de paraquat con ametrina, la dosis que alcanzó el 90% de efectividad sobre el control de malezas fue de 2,06 l/ha, lo que quiere decir que la dosis óptima para un control del 90% durante cuatro semanas es la mezcla de 2 l/ha de paraquat con 1 l/ha de ametrina, lo cual obtuvo el mismo resultado alcanzado en la pérdida de biomasa (tabla 11), esto se debe a que las mezclas herbicidas con

ingredientes activos de diferente modo de acción, aumentan el espectro de las malezas controlada por la sinergia entre la actividad sistémica residual de la ametrina y la actividad de contacto del paraquat (Caseley, 1996). Por consiguiente, se determina que la dosis óptima con efectividad de control de malezas al 90% de plátano es la mezcla de 2 l/ha de paraquat con 1 l/ha de ametrina.

### Composición botánica

**Tabla 19**

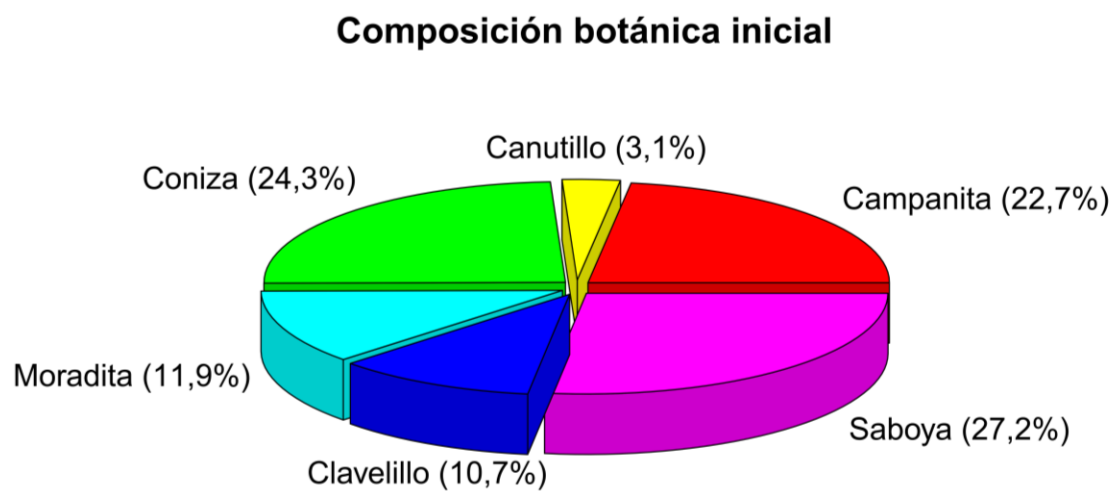
*Pesos obtenidos de las malezas presentes antes de iniciar el experimento.*

| Nombre científico               | Nombre común | Peso fresco (g) | Peso Relativo |
|---------------------------------|--------------|-----------------|---------------|
| <i>Asystasia gangetica</i> alba | Campanita    | 88,125          | 0,227         |
| <i>Commelina diffusa</i>        | Canutillo    | 12,01           | 0,031         |
| <i>Coryza bonariensis</i>       | Coniza       | 94,37           | 0,243         |
| <i>Cuphea strigulosa</i>        | Moradita     | 46,285          | 0,119         |
| <i>Emilia fosbergii</i>         | Clavelillo   | 41,665          | 0,107         |
| <i>Panicum maximum</i>          | Saboya       | 105,625         | 0,272         |
| <b>TOTAL</b>                    |              | <b>388,08</b>   | <b>1</b>      |

En la tabla 19 se detalla las especies que se encontraron en la toma de muestras de la composición botánica inicial en toda el área experimental, los pesos obtenidos corresponden a la cantidad obtenida y promediada en cada bloque.

**Figura 9**

*Composición botánica inicial del área experimental.*

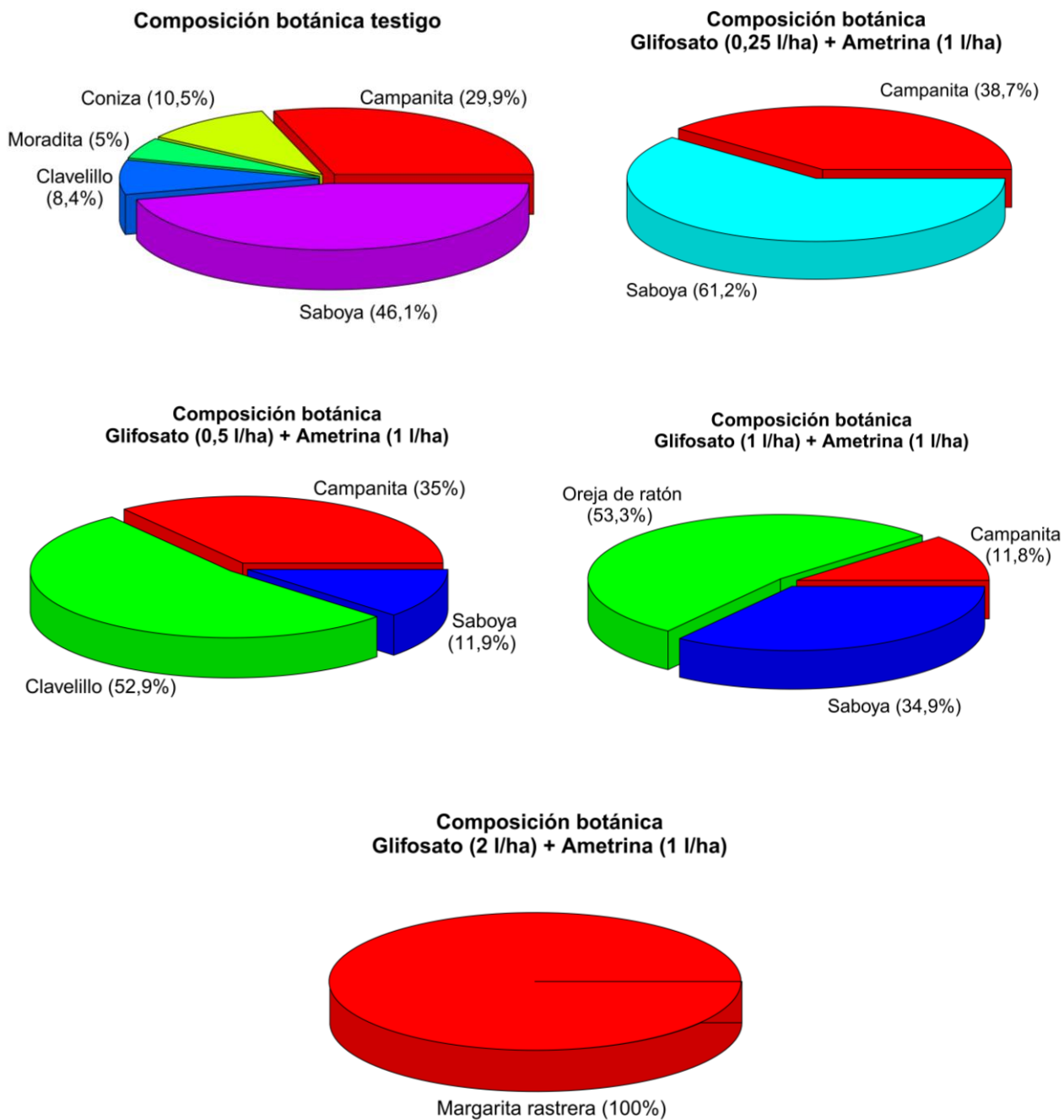


Nota: esta composición botánica corresponde a las especies encontradas en toda el área experimental antes de aplicar los tratamientos.



**Figura 10**

*Composición botánica de malezas a los 28 días bajo diferentes dosis de Glifosato en mezcla con Ametrina (1 l/ha).*



En la figura 10 se muestra la evolución de la composición botánica final a los 28 días de evaluación de la mezcla de las distintas dosis de glifosato + ametrina (1 l/ha), es evidente que algunas especies presentaron mayor tolerancia al glifosato que otras, también se ve claramente que a mayor dosis de glifosato existió una disminución en el número de especies presentes dentro de la composición botánica, Cirujeda et al., (2020) menciona que la presencia final de estas malezas sobre todo en las dosis más altas se debe a la aplicación de un mismo ingrediente activo de forma consecutiva en el mismo sitio durante varios años y a que la maleza del sitio bajo control químico sea propensa a generar resistencia y transmitirla a sus descendientes, este es el caso de la margarita rastrera que como se puede ver en la gráfica de composición botánica resultante de la dosis de 2 l/ha de glifosato + ametrina (1l /ha) fue la única que logro resistir esta dosis esto debido a que tal como menciona Zelaya, (2019) especies como la margarita rastrera (*Sphagneticola trilobata*) responden limitadamente al control con glifosato. Las otras gráficas indican que especies como la saboya (*Panicum maximun*), campanita (*Asystasia gangetica alba*) y clavelillo (*Emilia fosbergii*) no se vieron del todo afectadas por las dosis bajas como 0,25, 0,5 y 1 l/ha lo que generó sobre estas un control deficiente.

**Tabla 20**

*Pesos de las especies de malezas obtenidas a los 28 días de control con diferentes dosis de Glifosato en mezcla con Ametrina (1 l/ha).*

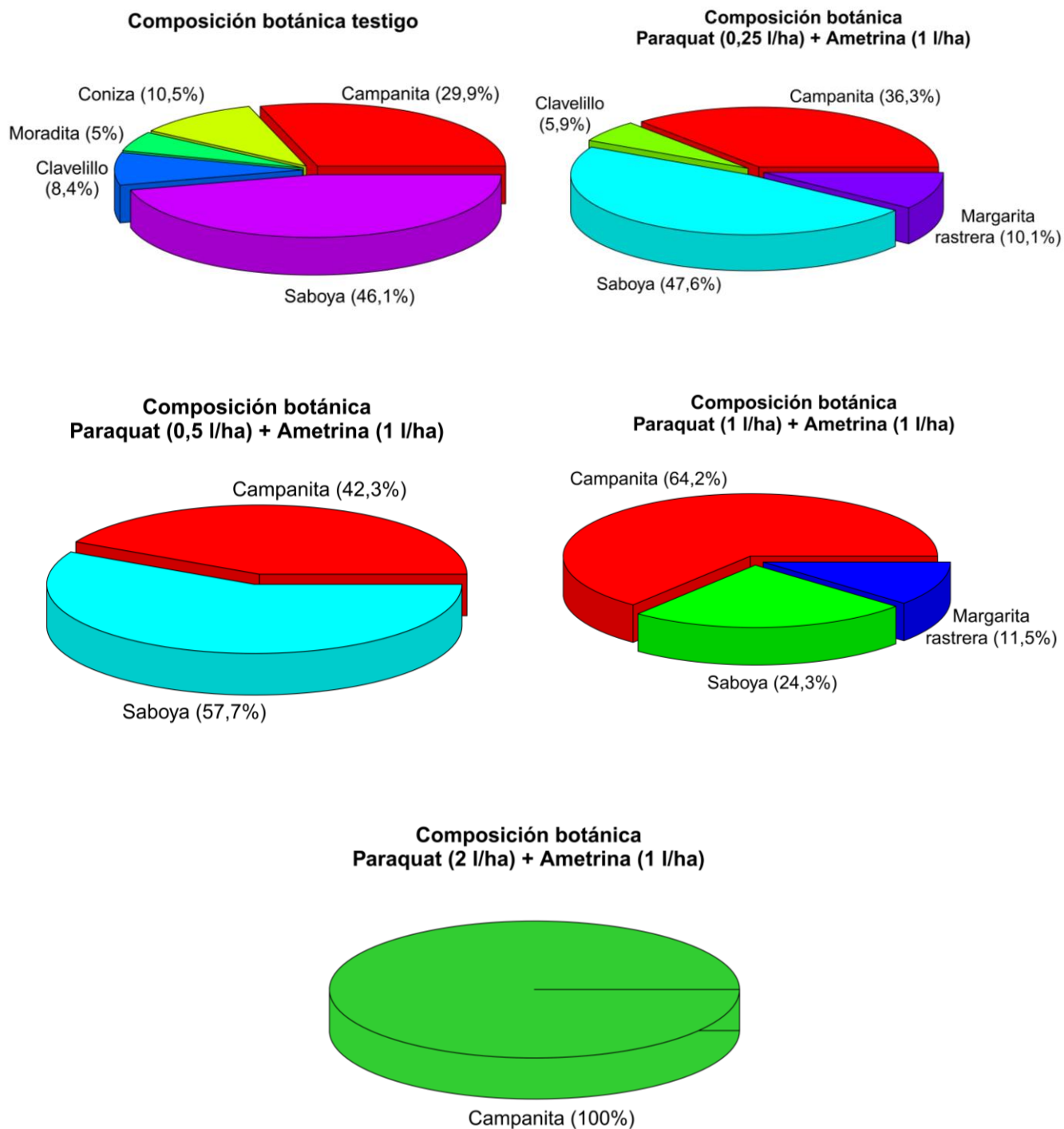
| Tratamiento                         | Nombre científico               | Nombre común       | Peso fresco promedio (g) | Peso total | Peso relativo |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|------------|---------------|
| Agua                                | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 100,07                   | 334,42     | 0,299         |
|                                     | <i>Conyza bonariensis</i>       | Coniza             | 35,16                    |            | 0,105         |
|                                     | <i>Cuphea strigulosa</i>        | Moradita           | 17,04                    |            | 0,051         |
|                                     | <i>Emilia fosbergii</i>         | Clavelillo         | 28,09                    |            | 0,084         |
|                                     | <i>Panicum maximum</i>          | Saboya             | 154,06                   |            | 0,461         |
| Glifosato (0,25 l) + Ametrina (1 l) | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 35,71                    | 92,10      | 0,388         |
|                                     | <i>Panicum maximum</i>          | Saboya             | 56,40                    |            | 0,612         |
| Glifosato (0,5 l) + Ametrina (1 l)  | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 17,37                    | 49,52      | 0,351         |
|                                     | <i>Emilia fosbergii</i>         | Clavelillo         | 26,22                    |            | 0,529         |
|                                     | <i>Panicum maximum</i>          | Saboya             | 5,93                     |            | 0,120         |
| Glifosato (1 l) + Ametrina (1 l)    | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 5,67                     | 48,03      | 0,118         |
|                                     | <i>Hydrocotyle bonplandii</i>   | Oreja de ratón     | 25,59                    |            | 0,533         |
|                                     | <i>Panicum maximum</i>          | Saboya             | 16,77                    |            | 0,349         |
| Glifosato (2 l) + Ametrina (1 l)    | <i>Sphagneticola trilobata</i>  | Margarita rastrera | 12,48                    | 12,48      | 1             |

Nota: la cantidad de maleza presente se ve reflejada en el peso de cada especie y en el peso total por tratamiento, todo esto encontrado en 0,5 m<sup>2</sup>

La tabla 20 indica de manera detallada la composición botánica final alcanzada por cada uno de los tratamientos evaluados, así como también el peso de la biomasa fresca tomado mediante el cuadrante de 0,5 m<sup>2</sup>, además se muestra su peso relativo con relación al peso total de la muestra.

**Figura 11**

*Composición botánica de malezas a los 28 días bajo diferentes dosis de Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha).*



**Tabla 21**

*Pesos de las especies de malezas obtenidas a los 28 días de control con diferentes dosis de Paraquat en mezcla con Ametrina (1 l/ha).*

| Tratamiento                        | Nombre científico               | Nombre común       | Peso fresco promedio (g) | Peso total | Peso relativo |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|------------|---------------|
| Agua                               | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 100,07                   | 334,42     | 0,299         |
|                                    | <i>Conyza bonariensis</i>       | Coniza             | 35,16                    |            | 0,105         |
|                                    | <i>Cuphea strigulosa</i>        | Moradita           | 17,04                    |            | 0,051         |
|                                    | <i>Emilia fosbergii</i>         | Clavelillo         | 28,09                    |            | 0,084         |
|                                    | <i>Panicum maximun</i>          | Saboya             | 154,06                   |            | 0,461         |
| Paraquat (0,25 l) + Ametrina (1 l) | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 34,89                    | 96,03      | 0,363         |
|                                    | <i>Emilia fosbergii</i>         | Clavelillo         | 5,72                     |            | 0,060         |
|                                    | <i>Panicum maximun</i>          | Saboya             | 45,75                    |            | 0,476         |
|                                    | <i>Sphagneticola trilobata</i>  | Margarita rastrera | 9,67                     | 0,101      |               |
| Paraquat (0,5 l) + Ametrina (1 l)  | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 19,86                    | 47,01      | 0,423         |
|                                    | <i>Panicum maximun</i>          | Saboya             | 27,15                    |            | 0,577         |
| Paraquat (1 l) + Ametrina (1 l)    | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 43,95                    | 68,42      | 0,642         |
|                                    | <i>Panicum maximun</i>          | Saboya             | 16,62                    |            | 0,243         |
|                                    | <i>Sphagneticola trilobata</i>  | Margarita rastrera | 7,85                     |            | 0,115         |
| Paraquat (2 l) + Ametrina (1 l)    | <i>Asystasia gangetica alba</i> | Campanita          | 4,82                     | 4,82       | 1,000         |

Nota: la cantidad de maleza presente se ve reflejada en el peso de cada especie y en el peso total por tratamiento, todo esto encontrado en 0,5 m<sup>2</sup>

En la tabla 21 se refleja las especies encontradas a los 28 días de las parcelas con paraquat y ametrina y el peso relativo de las mismas se ve reflejado de manera gráfica en la figura 11. En la dosis de paraquat (2 l/ha) con ametrina se observa que *Asystasia gangetica alba* es la especie que apareció luego de 28 días en muy pocos sitios, alcanzando un 4,82 g de peso fresco. Eso quiere decir que, después de 28 días de

aplicación de esta mezcla, aparece esta especie que fue un poco resistente a la mezcla, además las condiciones de poca luz solar influyeron en la efectividad de un mes de control de la ametrina según Peña, (2019). Esto se puede complementar con algún control mecánico focalizado, ya sea chapas o machete donde exista mayor emergencia de esta especie de maleza después de la aplicación.

## Capítulo V

### Conclusiones

Se concluyó que la mezcla de glifosato + ametrina (1 l/ha) no logró alcanzar un 90% de pérdida de biomasa fresca por lo que no se determinó una dosis efectiva para este parámetro.

Se determinó mediante evaluación visual que la dosis efectiva para alcanzar el 90% de control de malezas es de 2,36 l/ha de glifosato en mezcla con ametrina (1 l/ha)

En cuanto a la mezcla de paraquat con ametrina, presentó mayor eficacia de pérdida de biomasa fresca y en la evaluación visual a los 28 días en la dosis de 2 litros por hectárea de paraquat, además la acción de control en preemergencia de la ametrina en su dosis estándar de un litro por hectárea, ayudó a que no existiera un alto índice de rebrotes de malezas hasta los 28 días de evaluación.

Se determinó que la dosis de 2 l/ha de paraquat en mezcla con 1 l/ha de ametrina es la más efectiva en el control químico de malezas en plátano de alta densidad, porque mantuvo el control de 90% de malezas durante 28 días, lo que la convierte en la dosis óptima.

## Recomendaciones

Se recomienda incluir en un plan de manejo de malezas la dosis de 2 l/ha de paraquat en mezcla con ametrina durante la época seca para un control prolongado y eficaz de malezas en el cultivo de plátano.

Se recomienda el uso de glifosato en una dosis de 2 l/ha en mezcla con ametrina siempre y cuando este sea rotado con otros herbicidas con distintos ingredientes activos y mecanismos de acción como en el caso del paraquat.

Se recomienda repetir el mismo experimento con las mismas dosis y evaluar la dosis óptima de ambas mezclas en el cultivo de plátano durante la época lluviosa.

Además, se recomienda desarrollar un nuevo experimento ampliando el rango de las dosis y aumentando los días de evaluación.

Como recomendación para el manejo adecuado de malezas en plátano durante la época seca se propone realizar al inicio un control mecánico con chapias o machete, posterior un control aplicando glufosinato en su dosis estándar de 1 l/ha, luego aplicar 2 l/ha de paraquat en mezcla con 1 l/ha de ametrina, y finalmente la aplicación de glifosato (2 l/ha), empezando nuevamente el ciclo con el control mecánico. Cada una de estas labores se debe realizar pasando cuatro semanas con la finalidad de no generar malezas resistentes a los herbicidas antes mencionados.



## Bibliografía

- Álvarez, E., Cusme, B., León, S., & Sánchez, M. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of Business and Entrepreneurial Studie*, 4(2)., 86-95.  
doi:<https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.78>
- Armbrust, K., & Vencill, W. (2002). *Herbicide handbook of the Weed Science Society of America*. Lawrence: Weed Science Society of America WSSA.
- Blum, E., & Sabando, F. (2012). *EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE BANANO (MUSA SPP) EN CINCO LOCALIDADES DEL CANTÓN VALENCIA*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Escuela de Ingeniería Agropecuaria.
- Briones, F. (2018). *Evaluación de herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de banano (Musa spp.) en la zona de San Juan, cantón Pueblo Viejo*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Bustillo, A., Montes, L., & Vélez, J. (2020). *Calibración de equipos de aspersión en el cultivo de palma de aceite*. Bogotá, D.C: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.
- Caseley, J. (1996). Capítulo 10. Herbicidas. En R. Labrada, J. Caseley, & C. Parker, *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120)* ( (págs. 121-148). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación .

- Cirujeda, A., Marí, A., Pardo, G., Aibar, J., Aguado, A., & Betrán, E. (2020). *Resistencia a los herbicidas. Tipos de resistencia y prácticas para evitarla*. Zaragoza: Centro de Sanidad y Certificación Vegetal CSCV.
- Datta, A., & Knezevic, S. (2015). The Critical Period for Weed Control: Revisiting Data Analysis. *Weed Science WSSA*, 188–202.
- Díez de Ulzurrun, P. (2013). *Modos de acción herbicida*. Rosario: REM - AAPRESID.
- Duke, S. O. (1996). *Herbicide-Resistant Crops: Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory and Technical Aspects*. CRC Press, Lewis Publ, 420.
- Esqueda, V., Altamirano, L., Hernández, Y., & López, A. (2001). Evaluación de la mezcla de ametrina + clomazone en caña de azúcar. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA* 12(2), 161-167.
- Flores, S. (2000). Efectos de los herbicidas metribuzina y ametrina (triazinas) sin y con activación metabólica vegetal in vivo sobre la cinética del ciclo celular y el índice mitótico en linfocitos humanos en cultivo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 16, núm. 3, 127-137.
- Frans, R., Talbert, R., Marx, D., & Crowley, H. (1986). Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. En D. Camper, *Research Methods in Weed Science*. 3rd. ed. (págs. 29-46). Champaign Illinois: Southern Weed Science Society (USA). .
- Hartzler, R., & Pitty, A. (1997). LA RESISTENCIA A HERBICIDAS. En A. Pitty, *Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de Malezas* (págs. 271-275). Tegucigalpa: Zamorano Academic Press.

- INIAP . (2016). *Banano, plátano y otras musáceas*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP: <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- Knezevic, I., Streibig, J., & Ritz, C. (2007). The Concept and Data Analysis. *Weed Technol* 21. *Utilizing R Software Package for Dose-Response Studies*, 840-848.
- Peña, Y. (2019). *Destino ambiental de los herbicidas Ametrina y Diurón en suelos de Colombia y España mediante estudios de adsorción y degradación en condiciones de laboratorio*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química.
- Pérez, A., Park, A., Polge, K., Colquhoun, J., & Mallory-Smith, C. (2007). Investigating the mechanism of glyphosate resistance in *lolium multiflorum*. *Planta* 226(2), 395-404.
- Rodríguez, R., Geshtovt, Y., & Corona, L. (1978). Estudio de los herbicidas residuales en el cultivo del plátano. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Protección de plantas*. 1(1), 65-91.
- Shaner, D. (2000). The impact of glyphosate-tolerant crops on the use of other herbicides and on resistance management. *Pest Manag. Sci.* 56, 320-326.
- Shaner, D. (2009). Role of translocation as a Mechanism of resistance to glyphosate. . *Weed Sci.* 57, 118-123.
- Terry, P. (1996). Capítulo 16. Manejo de malezas en frutales. Manejo de las malas hierbas en bananos y platanos. En R. Labrada, J. Caseley, & C. Parker, *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección*

*Vegetal - 120*) (págs. 305-318). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación .

Ulloa, S., Tumbaco, A., Patiño, M., & Tumbaco, J. (2015). *Manual para el cultivo de plátano de exportación*. Santo Domingo: Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales (GIAT).

Villalba, A. (2009). Resistencia a herbicidas. Glifosato. *Ciencia, Docencia y Tecnología* N° 39, Año XX, 169-186.

Zelaya, I. (2019). *Capacitación en Herbicidas, Generalidades sobre Malezas*. Obtenido de Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA:  
[http://apps.iica.int/pccmca/docs/Minicursos/6.%20lan%20Zelaya/lan\\_Zelaya-Fisiolog%C3%ADa%20Vegetal%20y%20Modo%20Accion%20Herbicidas.pdf](http://apps.iica.int/pccmca/docs/Minicursos/6.%20lan%20Zelaya/lan_Zelaya-Fisiolog%C3%ADa%20Vegetal%20y%20Modo%20Accion%20Herbicidas.pdf)