



DIAGNÓSTICO DE LA RESISTENCIA DE UNA POBLACIÓN DE *Syngonium podophyllum* (ARACEAE) A GLIFOSATO.

**Bidjamith Ruiz Campuzano
Fabián Smith Navarro Mercado**

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

SANTA MARTA D.T.C.H.

2018

DIAGNÓSTICO DE LA RESISTENCIA DE UNA POBLACIÓN DE *Syngonium podophyllum* (ARACEAE) A GLIFOSATO.

Bidjamith Ruiz Campuzano
Fabián Smith Navarro Mercado

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Agrónomo

Director (a):

MSc. Irma Quintero Pertuz

Línea de Investigación:

Manejo agrosostenible de cultivos tropicales, Recursos Fitogenéticos (RFGs) y
Biotecnológicos

Grupo de Investigación:

Fitotecnia del trópico

Universidad del Magdalena

Facultad de ingeniería

Programa de ingeniería agronómica

Santa Marta, Colombia

2018

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Magdalena para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Jurado

Jurado

Santa Marta, ____ de ____ del _____

DEDICATORIA

Mis padres, Marina y Diosemel, quienes con cariño y esfuerzo me enseñaron los valores de la perseverancia, la dedicación y la constancia, además de formar el ser humano que soy y que podré ser.

A la tía Mariela, quien se convirtiera en mi madre durante todos los años de la imperiosa búsqueda del título de la profesión más hermosa que podría haber escogido.

A mis hermanos Grace, Elen y Luis, testigos y participes de cada una de mis luchas, mis alegrías y tristezas, mis risas y mis lágrimas, y sobre todo por haber crecido como personas a mi lado.

A mis compañeros en todos los niveles de estudio, ya que gracias a su compañerismo, amistad y apoyo moral contribuyeron a mis ganas de salir adelante en la ejecución de mi carrera profesional.

Fabián Navarro Mercado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a DIOS, a mis queridos y estimados padres, el Sr. Walter Ruiz y la Sra. Faride Campuzano, como símbolo de amor y gratitud, quienes con su infinito amor, esfuerzo y sacrificio, me guiaron para cumplir con esta anhelada meta.

A mi hermano Johandríz Ruiz, quien me dio la fortaleza y palabras de apoyo constante para la culminación de este trabajo y quien se ha convertido en un ejemplo a seguir.

A mis tíos Nelly Campuzano y Víctor Guevara, por sus palabras de motivación y efusivo aprecio, quienes además, de forma indirecta permitieron que este logro personal se hiciera posible.

A mi compañera Joissell Romero, por estar en mi vida y por su gran apoyo en el transcurso de este trabajo.

A mis amigos y compañeros de estudio que compartieron conmigo durante todo el proceso de formación y que al igual que yo tenían como propósito de vida culminar esta hermosa profesión.

Bidjamith Ruiz Campuzano

AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta investigación dejamos en constancia del más profundo reconocimiento a la Universidad del Magdalena, al programa de Ingeniería Agronómica, institución que nos acogió y nos brindó una formación profesional, además de las personas que brindaron su ayuda para la realización del presente trabajo.

Ing. Irma Quintero Pertuz, Directora de Tesis, pues su oportuna participación facilitó la realización de este trabajo, así como a todos los docentes de esta Carrera, que supieron ser maestros al impartir sus conocimientos.

A la ingeniera **Helena Bornacelly** y a las personas encargadas de las fincas visitadas y evaluadas para realizar esta investigación.

Finalmente manifestamos nuestra más sentida gratitud a todas las personas y entidades que colaboraron para que se realizara este trabajo.

Los autores

RESUMEN

Syngonium podophyllum es una maleza presente en las plantaciones bananeras del Magdalena y es reconocida por los operarios de campo, por su difícil control, debido a que esta, no es afectada por los productos y dosis utilizados para su control. Con el objetivo de evaluar la posible resistencia de la maleza *S. podophyllum* a glifosato, se hizo un monitoreo en fincas comerciales de la zona bananera para determinar la prevalencia de la maleza en lotes con control químico y verificar la calidad y aplicación del herbicida glifosato en campo. Posteriormente, se estableció un ensayo de dosis-respuesta con dos poblaciones (biotipos); una considerada susceptible (S) proveniente de áreas donde nunca se ha aplicado el herbicida y otra con sospecha de ser resistente (R), proveniente de fincas comerciales donde se aplicó glifosato y la maleza logró sobrevivir. En condiciones de invernadero se aplicaron las dosis crecientes de 0, 260, 528, 1.056, 2.112 y 4.224 g.ha⁻¹ de i.a., veintiún días después de la aplicación se estimó porcentaje de control, supervivencia y se contó el número de hojas por planta y se calculó la biomasa de las misma. En condiciones de campo se pudo evidenciar la presencia de *S. podophyllum* en grandes agregados y plantas adultas con poca afectación después de la aplicación de glifosato. Se verificó la calidad del producto utilizado y seguimiento de las recomendaciones en cuanto a dosis, preparación, calibración y condiciones meteorológicas para la aplicación, por lo que se descartan fallas en el control por una mala aplicación del producto. En condiciones controladas, ambas poblaciones (S y R) sobrevivieron a la aplicación del herbicida, incluyendo hasta ocho veces la dosis comercial recomendada. Aunque se registró una reducción en la biomasa en comparación con el tratamiento control (sin herbicida), se evidenció que las poblaciones no fueron controladas eficazmente. Estos resultados permiten inferir que se trata de una tolerancia de la especie y no una resistencia al producto.

La tolerancia de *S. podophyllum* a glifosato puede atribuirse a que las hojas poseen cutículas más gruesas y por lo tanto la absorción del herbicida es menor. Se precisa evaluar nuevas alternativas de manejo de esta especie.

Palabras claves: Glifosato, maleza, resistencia, susceptible, tolerancia.

ABSTRACT

Syngonium podophyllum is a weed present in the banana plantations of Magdalena and is recognized by field workers, because of its difficult control, because it is not affected by the products and doses used for its control. In order to evaluate the possible resistance of the *S. podophyllum* weed to glyphosate, a monitoring was carried out in commercial farms of the banana zone to determine the prevalence of the weed in lots with chemical control and verify the quality and application of the glyphosate herbicide in field. Subsequently, a dose-response trial was established with two populations (biotypes); one considered susceptible (S) coming from areas where the herbicide has never been applied and another with suspicion of being resistant (R), coming from commercial farms where glyphosate was applied and the weed managed to survive. Under greenhouse conditions the increasing doses of 0, 260, 528, 1056, 2.112 and 4.224 g.ha⁻¹ of i.a., Twenty-one days after the application, control percentage, survival was estimated and the number of leaves per plant was counted and the biomass of the same was calculated. In field conditions it was possible to demonstrate the presence of *S. podophyllum* in large aggregates and adult plants with little affectation after the application of glyphosate. The quality of the product used was verified and follow-up of the recommendations regarding dosage, preparation, calibration and meteorological conditions for the application, so that flaws in the control are ruled out due to a bad application of the product. Under controlled conditions, both populations (S and R) survived the application of the herbicide, including up to eight times the recommended commercial dose. Although a reduction in biomass was recorded in comparison with the control treatment (without herbicide), it was evident that the populations were not effectively controlled. These results allow us to infer that it is a tolerance of the species and not a resistance to the product.

The tolerance of *S. podophyllum* to glyphosate can be attributed to the fact that the leaves have thicker cuticles and therefore the absorption of the herbicide is lower. It is necessary to evaluate new management alternatives for this species.

Key words: Glyphosate, weed, resistance, susceptible, tolerance

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCCIÓN	16
CAPÍTULO I.....	19
MARCO TEORICO.....	19
1.1 CULTIVO DE BANANO EN COLOMBIA	19
1.2 MALEZAS	20
1.2.1 Características y adaptabilidad de las malezas.....	20
1.2.2 Importancia de las malezas.....	20
1.2.3 Malezas en el cultivo de banano.....	21
1.2.4 Malezas en el cultivo de banano en el departamento del Magdalena.....	21
1.2.5 Manejo de las malezas en la Zona Bananera del Magdalena.....	21
1.2.5.1 Control Mecánico	22
1.2.5.2 Control cultural.....	22
1.2.5.3 Control químico.....	23
1.3 GLIFOSATO.....	23
1.4 RESISTENCIA Y TOLERANCIA DE LAS MALEZAS A LOS HERBICIDAS	24
1.4.1 Resistencia.....	24
▪ <i>Mecanismo de resistencia.</i>	25
▪ <i>Pérdida de afinidad molécula – enzima.</i>	25
▪ <i>Reducción de la concentración de herbicida en el lugar de acción.</i>	26
1.5 TOLERANCIA.....	26

1.6 <i>Syngonium podophyllum</i> Schott. “CONDE”	27
1.6.1 Características generales y distribución geográfica.	27
1.6.2 Comportamiento ecológico de <i>S. podophyllum</i> en cultivos de banano.	28
CAPÍTULO II	29
DIAGNÓSTICO Y MONITOREO EN CAMPO	29
2.1 RESUMEN	29
2.2 ABSTRACT	30
2.3 INTRODUCCIÓN	30
2.4 ÁREA DE ESTUDIO	32
2.4.1 Zona Bananera del Magdalena.	32
2.4.2 Municipio de Ciénaga.	32
2.5 METODOLOGIA	33
2.5.1 Observación o monitoreo en campo.	33
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
2.6.1 Confirmación de la presencia de <i>S. podophyllum</i> en lotes antes y después de la aplicación del herbicida.	35
2.6.2 Verificación de la calidad, dosis y condiciones de aplicación del producto en campo.	35
2.7 CONCLUSIÓN	36
2.8 BIBLIOGRAFÍA	36
CAPÍTULO III	38
EFFECTOS DE DOSIS CRECIENTES DE GLIFOSATO SOBRE EL CRECIMIENTO DE <i>Syngonium podophyllum</i>.	38
3.1 RESUMEN	38
3.2 ABSTRACT	39
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.4.1 Ubicación del sitio experimental.	41
3.4.2 Recolección de semillas (propágulos).	41
3.4.3 Adecuación de los propágulos.	42
3.4.4 Sustrato.	42
3.4.5 Preparación y aplicación del herbicida.	42
3.4.6 Diseño experimental.	44

3.4.7 Variables evaluadas.....	44
3.4.8 Análisis estadístico.	44
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
3.5.1 Interpretación del análisis estadístico.	47
3.5.2 Supervivencia al herbicida.....	50
3.5.3 Emisión foliar.	51
3.5.4 Porcentaje de control en función a la biomasa.....	52
3.5.5 Curva dosis – respuesta.	53
3.5.6 Tolerancia y no resistencia.	56
3.6 CONCLUSIÓN	57
3.7 BIBLIOGRAFÍA	58
DISCUSIÓN GENERAL	60
CONCLUSIÓN GENERAL	63
ANEXOS	64
Anexo A. formato de encuesta realizado en las fincas.	64
Anexo B. Registros del análisis estadístico.	66
Anexo D. Registro fotografico.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	72

LISTAS DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pasos para la preparación de la solución del herbicida.....	43
Figura 2. Modelo logístico para describir las curvas de respuesta a dosis crecientes de un herbicida aplicado a plantas.....	45
Figura 3. Curva típica que representa la respuesta de las plantas a un herbicida aplicado en dosis crecientes.....	46
Figura 4. ANOVA para peso fresco (g) y los distintos factores.....	47
Figura 5. Promedio de medias de peso fresco (g) de los tratamientos de las poblaciones.....	49
Figura 6. Medias y barras de error (desviación estándar).....	49
Figura 7. Porcentaje de plantas muertas pasado los 21 días de la aplicación del glifosato.....	50
Figura 8. Supervivencia de las dos poblaciones de <i>S. podophyllum</i> después de ser tratadas con las diferentes dosis de glifosato ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$).....	51
Figura 9. Emisión foliar de las dos poblaciones pasado los 21 de la aplicación del glifosato.....	52
Figura 10. Curvas dosis respuestas considerando peso fresco (g) relativo.....	54
Figura 11. Dispersión de los valores de biomasa de poblaciones tratadas con las diferentes dosis de glifosato.....	56

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Lista de chequeo.....	64
Cuadro 2. Análisis de varianza para los varios factores de peso fresco (g).....	66
Cuadro 3: Pruebas de Múltiple Rangos para peso fresco (g) por tratamiento, para la determinación de los Grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas.....	66
Cuadro 4. Procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.....	67
Cuadro 5. Medias por Mínimos Cuadrados para peso seco (g) con intervalos de confianza del 95,0%.....	67

LISTA DE TABLA

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas geográficas de las fincas visitas.....	33
Tabla 2. Presencia de la maleza e identificación de método del control de las fincas visitadas.....	34
Tabla 3. Dosis aplicadas ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de i.a.) del herbicida (glifosato) y concentraciones (ppm i.a.) evaluadas para cada población de <i>S. podophyllum</i>	43
Tabla 4. Descripción de tratamientos.....	44
Tabla 5. Diferencia entre el grupo de medias de los tratamientos por concentración de glifosato de las dos poblaciones, determinado por test deTukey.....	48
Tabla 6. Porcentaje de reducción de biomasa (control vs dosis) de las dos poblaciones evaluadas.....	53
Tabla 7. Resultados del modelo logístico para describir las curvas de respuesta a dosis crecientes del herbicida.....	55

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos	Significado
i.a.	Ingrediente activo.
ppm	Partes por millón.
P.B.O.T	Plan básico de ordenamiento territorial.
R	Población con posible de resistencia.
S	Población susceptible.
T (1-6)	Numero de tratamientos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción y comercialización de banano se ha convertido en uno de los principales pilares de la agricultura y economía colombiana, aportando al PIB de Colombia el 0,4% siendo uno de los principales productos de exportación del sector agropecuario (Rodríguez & Rojas, 2015). En el año 2017 hubo un aumento en la productividad del 10,7% y en el volumen del 4,9%, lo que permitió exportar para ese mismo año 98,4 millones de cajas de 20 kilos de fruta que generaron 850 millones de dólares (Augura, 2017).

No obstante, la producción de este cultivo se puede ver reducida por las malas prácticas agronómicas dentro de las fincas. Uno de los aspectos más importantes y determinantes en la producción, es el manejo de malezas, las cuales, son sin duda alguna uno de los factores más limitantes en la explotación agrícola, reduciendo los rendimientos de los cultivos, y por tanto incidiendo de forma negativa en el propósito de cubrir la demanda de alimentos (Taberner, 2007).

Es necesario señalar que la reducción de los rendimientos por parte de las malezas no solo se da por la competencia de nutrientes, agua y energía lumínica, puesto que, además, muchas de estas plantas indeseadas son hospederas de organismos dañinos, como agentes fitopatógenos e insectos fitófagos, e inclusive, estas plantas pueden producir ciertos metabolitos secundarios que generan efectos alelopáticos sobre algunas especies de interés agronómico (Blanco y Leyva, 2007).

Además de lo anterior, en muchos de los sectores de explotación se ha generado un fenómeno de vital importancia a nivel mundial; la resistencia por parte de las malezas, a los productos químicos utilizados para su control desde hace ya un poco menos de un siglo (Heap, 2018). Esta resistencia ha sido inducida en diferentes tipos de cultivos, en especial en aquellos que son altamente explotados, y en los que obviamente se ha introducido una cantidad considerable de productos químicos, que al interactuar con las plantas indeseadas les producen efectos nocivos, pero a su vez se da un fenómeno de selección natural,

mediante el cual se ha inducido la aparición de biotipos resistentes a la aplicación de herbicidas (De La Vega, 2012).

Del mismo modo, esta resistencia ha impactado de forma negativa en la economía de los agricultores, debido a que, en la mayoría de los casos, la primera opción ha sido aumentar las dosis de herbicidas para el control de estas (Taberner, 2007). Además, el impacto del incremento del uso de herbicidas no pasa exclusivamente por lo económico, sino por los aspectos ambientales (teniendo en cuenta las consecuencias de la introducción masiva de agroquímicos a los acuíferos y demás problemáticas consecuentes), y sociales (puesto que se generarán problemas de salud pública, como intoxicaciones) (Del Puerto, 2014).

En el departamento del Magdalena existen 781 unidades de producción agropecuaria de banano conformadas entre pequeños y grandes productores, las cuales se encuentran distribuidas en 12.950 hectáreas en producción (DANE, 2014). En las fincas establecidas en este departamento se han identificado 202 especies de malezas asociadas a este cultivo (Carbonó y Cruz, 2005). A lo largo de su trayectoria los productores de banano de esta zona han tratado las malezas mediante diferentes métodos de control: cultural (cobertura vegetal), mecánico y químico; siendo este último el más utilizado.

Para el año 2012, en los cultivos de banano de la zona del Magdalena se registraron aplicaciones de glifosato en dosis de 100 cc / bomba de 20L en periodo de baja incidencia de malezas y 200 cc / bomba 20L para el periodo crítico de malezas (Carbono y Quintero, 2015). Desde hace más de 5 años el control químico de malezas ha sido supeditado exclusivamente a la aplicación de glifosato, debido a exigencias del mercado europeo, en donde algunos agroquímicos se encuentran restringidos por su alta categoría toxicológica, tal es el caso del Paraquat (Aguirre *et al*, 2014).

En la actualidad, las fincas bananeras del Magdalena han venido presentando problemas con algunas especies vegetales no deseadas debido a la alta reproducción, amplia cobertura e ineficiente manejo de las mismas por parte de algunas moléculas de herbicidas utilizadas para su control. *Syngonium podophyllum* es una de las especies que ha sido reportada como maleza asociada al cultivo en los últimos años, a la cual no se ha le ha

determinado su nivel de importancia económica. Sin embargo, los coordinadores de campo, administradores y asistentes técnicos de fincas bananeras, la han catalogado como una “maleza de difícil control”, dado que no responde al control químico, generando sospechas de una “posible resistencia al herbicida glifosato”. En este sentido, se precisa hacer pruebas que permitan determinar si se podría estar al frente de un nuevo caso de biotipo resistente a la acción de la molécula de glifosato.

Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo principal diagnosticar la resistencia de una población de *Syngonium podophyllum* a la molécula de glifosato.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

1.1 CULTIVO DE BANANO EN COLOMBIA

En Colombia la producción de banano tipo exportación está concentrada en el Departamento de Antioquia, en la región de Urabá donde existen aproximadamente 34.789 hectáreas sembrada de banano, el Departamento del Magdalena, en el municipio de la Zona Bananera y el Departamento de la Guajira; en estas dos últimas zonas de producción existe un total de 14.518 hectáreas sembradas con este cultivo (Augura, 2017).

Colombia como productora y exportadora, ha tenido una larga tradición en la exportación de banano tipo Cavendish Valery. La agroindustria bananera de Colombia se ha desarrollado como una cadena agroexportadora tradicional, generando importantes divisas para el país, manteniendo su posición como exportadora neta (Finagro, 2010 citado por Muriel 2012).

Colombia es el quinto país exportador de banano a nivel mundial (FAO, 2017). Para el 2017 en Colombia se sembraron 49,307 hectáreas de banano distribuidas en las principales zonas productoras de este producto, la productividad promedio para ese año fue de 1.996 cajas por hectárea, lo que incidió de manera positiva en el aumento de la productividad y volumen de cajas exportadas (Augura, 2017). Los principales puerto de destino del banano Colombiano para el año 2017 fueron: Bélgica con 36 millones de cajas, seguido por el Reino Unido con 15,3 millones de cajas, en tercer lugar EE.UU con 13,5 millones de cajas, seguido por Italia con 11,8 millones de cajas. Los países miembro de la Unión Europea importaron el 69% del volumen de las cajas producidas en ese año (Augura, 2017).

1.2 Malezas

Se define como maleza a una planta que crece en un lugar que no le corresponde, es decir, que no ha sido sembrada, estas plantas suelen tener características predominantes y nocivas que llegan a afectar los objetivos productivos del hombre dentro del cultivo; las malezas no tienen ningún valor utilitario o estético, crecen de forma salvaje y exuberante, y son consideradas como perturbadoras del crecimiento de otra vegetación superior o como un estorbo para la tierra (FAO, 1987).

1.2.1 Características y adaptabilidad de las malezas.

Las malezas gracias a sus características morfológicas y fisiológicas han podido adaptarse de forma eficiente a los agroecosistemas; gracias a la alta capacidad de dispersión de las semillas, la alta velocidad de reproducción, el largo periodo de latencia, la reproducción sexual y asexual, la capacidad de adaptación y el crecimiento rápido y vigoroso; las malezas se han preservado a través del tiempo en los diferentes sistemas productivos (Patterson, 1985).

1.2.2 Importancia de las malezas.

En la agricultura la importancia de las malezas radica en la reducción de rendimientos de los cultivos, por la competitividad que ejercen estas por nutrientes del suelo, luz, agua y espacio; además, en estas plantas es muy importantes el control de plagas y enfermedades, puesto que algunas de estas son hospederas de insectos y microorganismos que producen daños en las plantas de interés económico (Labrada y Parker, 1999).

1.2.3 Malezas en el cultivo de banano.

El cultivo de banano es muy susceptible a las malezas durante su asentamiento, después de un crecimiento y desarrollo vegetativo, el follaje del cultivo hace ineficiente el crecimiento de las malezas, salvo aquellas que son capaces de crecer y tolerar la sombra, las actividades que fomentan el desarrollo del follaje son favorables en término de control de malezas (Terry, 1996).

Akobundu (1987); Deuse y Lavabre (1979) afirman que: “Las gramíneas, particularmente las especies perennes, son las malezas más severas en los cultivos de banano y plátano. *Cynodon dactylon*, *Digitaria abyssinica*, *Axonopus compressus*, *Imperata cylindrica* y *Panicum máximum* son unas de las principales especies a tener en cuenta dentro de estos sistemas productivos” (citado por Terry, 1997).

1.2.4 Malezas en el cultivo de banano en el departamento del Magdalena.

En el departamento del Magdalena se identificaron según Carbonó y Cruz (2005): “202 especies asociadas a este cultivo y como familias más diversificadas se pueden encontrar: las Poaceae (38 especie), Fabaceae (27) y Asteraceae (11), sin discriminar por el nivel de importancia económica”. Autores afirman que las especie de las familia Poaceae son la más nocivas para el cultivo de banano en esta zona (Moreno *et al*, 2009; citado por Quintero y Carbonó, 2015).

1.2.5 Manejo de las malezas en la Zona Bananera del Magdalena.

Para el control de malezas en la Zona Bananera del Magdalena se aplican los métodos de control mecánico, cultural (cobertura vegetal) y químico, siendo este último el más usado en la mayoría de las plantaciones comerciales (Quintero y Carbonó, 2015).

1.2.5.1 Control Mecánico

Moreno M; Blanco C y Mendoza R (2009), afirman que: "Las labores de limpieza por medio de este control se emprenden y se conservan durante el primer año de haberse establecido el cultivo, iniciando a las cuatro semana de la siembra, realizadas en ciclos de calendario de 4 a 6 semanas, dónde se tiene en cuenta las condiciones ambientales y climáticas y el tipo de maleza dominante" (citado por Quintero y Carbonó, 2015). Las actividades que se realizan por medio de este método control consiste en una limpieza conocida en el campo agrícola como "plateo", esta labor se realiza con machete sobre la especie vegetal de interés agronómico en un radio de 1 m a partir del pseudotallo, la guadaña es otra herramienta utilizada en el mecánico para combatir las malezas de las calles a una altura de 5 cm (Quintero y Carbonó, 2015).

1.2.5.2 Control cultural.

El método de control cultural se ha convertido desde un punto de vista ecológico en una estrategia efectiva para el manejo de las malezas, debido a que, esta práctica a largo plazo produce una interrupción súbita en el crecimiento de estas; Como prácticas de control cultural para el manejo de las malezas dentro de cualquier sistema de producción se pueden encontrar principalmente: la época de siembra del cultivo, la selección del genotipo, la rotación de cultivo, los cultivos intercalados, la fertilización, los cultivos de cobertura, entre otras (Liebman y Davis, 2000).

Pinilla y García (2002) afirman que: "Se destaca el uso de cubierta en el cultivo de banano sobre el suelo durante el desarrollo del cultivo, utilizando resto de material de cosecha saludable, procurando no cubrir el área de plateo, o plantas vivas como cobertura". Las especies vegetativas de cobertura se pueden utilizar para impedir el crecimiento de las malezas, el uso de estas dentro del cultivo ha sido recomendado como método de control frente a las malezas (Terry, 1996).

Simmonds (1959) relaciona 28 leguminosas recomendada como cobertura del cultivo de banano en las que encontramos: *Crotalaria juncea* L., *Cotralaria striata*, *Cotralaria usaramoensis*, *Phaseolus trinervius*, *Vigna sinensis*, entre otras. Carbonó y Cruz (2005) al respecto dicen: “Que para el departamento del Magdalena se identificaron como especies apropiadas para cobertura en el cultivo de *banano Teramus volubilis*, *Callisia cordifolia*, *Desmodium scorpiurus* y *Desmodium triflorum*.”

1.2.5.3 Control químico.

Los herbicidas son, sin duda, uno de los medios más prácticos para el control de malezas y permiten el cumplimiento de las recomendaciones referentes al mínimo de labores de cultivo en campos de banano; La producción de banano sería imposible sin herbicidas especialmente en las naciones consideradas tercermundistas o en desarrollo (Terry, 1996).

Para la región bananera del Magdalena el uso de este tipo de agroquímico se ha ido optimizando desde que existen las certificaciones ambientales como resultados de la aperturas de nuevo mercados; Solo se permite el uso de los herbicidas aprobados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y por la agencia de protección ambiental (EPA), los herbicidas más utilizados para el control de las malezas en el cultivo de banano son: Glifosato, Ametrina, Dalapon, Diuron, Glufosinato y Paraquat; este último retirado de la explotación bananera por exigencias de las empresas importadoras y el mercado Europeo, dónde el agroquímico tiene restricciones por su categoría toxicológica (1ª extremadamente toxico) (Quintero y Carbonó, 2015).

1.3 GLIFOSATO

El glifosato es un herbicida para tratamientos post-emergentes utilizados para el control de malezas anuales, perennes y de crecimiento activo; este herbicida presenta un método de acción sistémico y no selectivo, su modo de aplicación se hace directamente a las hojas y su eficiencia va a depender de la retención de este en la planta, la penetración cuticular y el traslado posterior a los meristemas de la planta (Shaner *et al.*, 2006).

Las propiedades fisicoquímicas del glifosato facilitan la translocación vía floema; debido a que este posee una acción sistémica con elevada translocación a los tejidos que son destinos metabólicos de sacarosa tales como los meristemos apicales, radicales y órganos reproductivos subterráneos de especies perennes (Diez, 2013, citado por Canaza, 2016). La molécula de glifosato después de penetrar y trasladarse dentro de la planta tiene como principal función inhibir la enzima de la vía shikimato llamada 5 enolpiruvilshikimato-3-fosfato-sintetasa (EPSP), con el fin de disminuir la producción de proteína e inhibir el incremento de la misma; todos estos procesos químicos causan además el decrecimiento de la biosíntesis de otro compuesto como vitamina K, tetrahidrofolato y ubiquinona dentro de la planta (Salazar y Aldana, 2011).

Por otra parte, Diez (2013), citado por Canaza, 2016 afirma que la molécula de glifosato tiene como mecanismo de acción impedir la biosíntesis de fenilalanina, tirosina y triptófano, los cuales son precursores de importantes metabolitos secundarios como lignina, flavonoides, alcaloides, ácidos benzoicos y fitohormonas.

1.4 RESISTENCIA Y TOLERANCIA DE LAS MALEZAS A LOS HERBICIDAS

1.4.1 Resistencia.

Cuando se habla de una maleza resistente se hace referencia a la capacidad heredable de un biotipo de maleza para sobrevivir y reproducirse a la aplicación de un herbicida, al cual la población original era susceptible (Taberner, 2007). Las repetidas aplicaciones de herbicidas con similar mecanismo de acción imponen una presión de selección que lleva a la resistencia en especies comúnmente susceptibles (Radosevich, 1997). Así mismo, la resistencia de las malezas a los herbicidas afecta directamente a los agricultores porque les dificulta la forma en que se deben ejecutar los distintos programas de control de plantas indeseadas, igualmente, la resistencia también tiene interés para las empresas productoras de agroquímicos, así como para el distribuidor de herbicidas, ya que para los dos casos se

pueden tener productos de vida comercial muy corta, a los cuales no se les puede certificar efectividad al ser usados en campo (Taberner, 2007).

Desde 1970 se ha venido presentando un incremento de los casos de malezas resistentes a herbicidas (Shaner, 2014). Entre las malezas que presentan problemas de resistencia encontramos a: *Avena fatua*, *Amaranthus retroflexus*, *Eleusine indica*, *Amaranthus hybridus*, *Lolium rigidum*, entre otras (Heap, 2018). Algunas de las malezas anteriormente mencionadas pueden presentar resistencia a diferentes grupos de herbicidas, tales como los inhibidores de la ACCasa, los inhibidores de la fotosíntesis en el Fotosistema-I- (FSI), inhibidores de la fotosíntesis en el fotosistema II (FSII) e inhibidores de la EPSP (Powles y Preston, 2006).

▪ ***Mecanismo de resistencia.***

Los diferentes tipos de herbicidas utilizados en el control de plantas indeseadas son el principal método de manejo utilizado en banano y otros cultivos de alto interés agronómico (Rojas & Gámez, 2002). Estos productos son sustancias químicas que afectan órganos vitales y atrofan procesos altamente importantes en el desarrollo de las plantas, y de esta forma generando consecuencias negativas y posteriormente la muerte de la planta (Salazar & Aldana, 2011).

Lo anteriormente mencionado es lo que sucede con frecuencia, pero en ocasiones se da un evento conocido como resistencia, el cual le confiere a una planta la capacidad de sobrevivir las aplicaciones de este tipo de agroquímicos (Ríos, 2005). Existen por lo menos tres tipos de mecanismos de resistencia a herbicidas.

▪ ***Pérdida de afinidad molécula – enzima.***

Generalmente los herbicidas actúan en un sitio de acción primario en una planta, que por lo regular son enzimas de alta importancia biológica; este tipo de intervención en un proceso enzimático produce ciertos efectos secundarios en las plantas, normalmente más

generales, y que ocasionan en sí la muerte del individuo (Papa, 2007). La mínima modificación en la estructura y/o composición de la enzima sitio de acción generará la pérdida de afinidad entre la molécula de herbicida y la enzima, de esa forma se hace inútil la aplicación de esta tecnología en la maleza con enzima alterada (Villalba, 2009).

- ***Reducción de la concentración de herbicida en el lugar de acción.***

Una de las condiciones necesarias para que se dé la efectividad de un herbicida es que las concentración de la molécula de estos productos sean suficientes, con el fin, de que estas cuando lleguen hasta el sitio de acción su efecto sea más rápido y mortal (De Prado y Cruz, 2009). La reducción de las moléculas en el lugar de acción pueden ser por varios factores; por reducción de la penetración, absorción, movimiento y en ocasiones por la existencia de elementos o sustancias que capturan las moléculas de herbicidas y las almacenan en organelas celulares metabólicamente inactivos (Papa, 2007).

- ***Metabolización a sustancias no tóxicas.***

Un proceso de detoxificación metabólica, mediante el cual se transforman compuestos fitotóxicos a compuestos inocuos o inofensivos. Las malezas resistentes a herbicidas tienen la capacidad de degradar el herbicida antes de que este le pueda llegar ocasionar perjuicios irreversibles (De Prado y Cruz, 2009). La velocidad en que las enzimas encargadas degradan las moléculas de herbicidas depende de factores tanto internos como externos de la planta; estado fenológico, condiciones ambientales etc. (Villalba, 2009).

1.5 TOLERANCIA.

Cuando se habla de tolerancia se hace referencia a las características inherentes y naturales de una especie de sobrevivir después de la aplicación de algún herbicida, es decir, que la maleza nunca ha sido susceptible (De la vega, 2012). Uno de los primeros casos de tolerancia se evidenció con el uso excesivo del ácido 2,4 – diclorofenoxiacético

en los cultivos de cereales, esto, como consecuencia de la repetitividad en la utilización del mismo ingrediente activo, la residualidad y aplicación de la mismas dosis (Papa *et al.*, 2004). Malezas como *Perietaria debelis*, *Petunia axillaris*, *Verbena litoralis*, *Iresine diffusa*, *Commelina erecta* e *ipomoea spp* en los últimos años se han catalogado como especies tolerante a la molécula glifosato, esto debido al mismo principio activo en la frecuencia y uso en la aplicación de agroquímicos (Papa *et al.*, 2004).

1.6 *Syngonium podophyllum* Schott. “CONDE”

1.6.1 Características generales y distribución geográfica.

Syngonium podophyllum es originaria de México, la distribución geográfica de esta especie comprende Centro América y Sur América (Aranda *et al.*, 2010). Esta especie se caracteriza por ser rastrera o trepadora del dosel de árboles de bosque primario, pertenece a la familia Araceae y al género *Syngonium*, esta e es capaz de trepar a los tallos y troncos de especies con las que comparta hábitat. Es una planta que prospera en la luz o a la sombra, prefiere el suelo fértil, ácido y con altos contenidos de materia orgánica, además de necesitar de altos porcentaje de humedad para su crecimiento y desarrollo (Gilman, 1999).

Generalmente las especie del genero *Syngonium* y algunas otras especies de la familia Araceae, presentan fototropismo negativo conocido como escototropismo, el cual es un proceso que consiste en la atracción de las plántulas a crecer en dirección a la sombra generada por árboles y plantas de porte arbustivo, y luego de que alcanzan dicha sombra se trepan sobre el individuo que les genera sombra, incitados por el gradiente de luz (Agüero *et al*, 2008).

1.6.2 Comportamiento ecológico de *S. podophyllum* en cultivos de banano.

Debido a *S. podophyllum* presenta un porte rastrero con alta capacidad de trepar; domina hoy día algunos lotes de banano en varias fincas de la Zona Bananera del Magdalena. Cuando esta maleza trepa por los pseudotallos del banano, se vuelve un gran problema debido a que puede alcanzar a la hoja bandera, impidiendo la emisión del racimo o, dificultando la cosecha, cuando envuelve al racimo (Agüero *et al.*, 2008). Por otra parte, esta maleza llega a convertirse en un problema dentro de estos sistemas de producción, al encontrarse en altas densidades dentro de áreas cercanas a canales, drenajes y lotes con problema de saturación de agua en el suelo, donde esta maleza tiende a diseminarse y desarrollarse más rápidamente, compitiendo por espacio, nutrientes y luz con la plantas de banano.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO Y MONITOREO EN CAMPO

2.1 RESUMEN

Entre los años 2016 y 2017 se realizaron salidas de campo a fincas bananeras ubicadas en los municipios de Ciénaga y Zona Bananera (regiones altas, media y baja) del Departamento del Magdalena, lo anterior, con el fin de evaluar el impacto de las malezas dentro de este cultivo y la efectividad de los métodos utilizados para el control de las mismas. Los muestreos realizados permitieron identificar algunas malezas que no estaban respondiendo al control químico, el cual, es uno de los más utilizados en estos sistemas de producción, lo que llevo a la presunción de la existencia de resistencia por parte de estas plantas no deseadas a los herbicidas comúnmente utilizado en esta zona, tal es el caso del glifosato. Como resultado se obtuvo que la especie *Syngonium podophyllum* fue catalogada en un total de 7 fincas del total de las fincas visitadas, como la maleza de mayor complejidad, donde el común denominador fue la presencia de la planta en grandes agregados en lotes específicos; además, de lo difícil de su control a través de los diferentes métodos empleados en las fincas, razones por las cuales se llegó a pensar de estar al frente de un caso de resistencia. Para determinar si era un caso de resistencia de esta arvense en las plantaciones de banano, se procedió aplicar las metodologías propuesta por Valverde (2009) y Fisher (2004), en las fincas donde *S. podophyllum* presento una mayor infestación. Lo anterior, con el fin de determinar si las fincas afectadas por esta maleza aplicaban alguna molécula de herbicida en específico, y de hacerlo, conocer si ésta se aplicaba de forma correcta.

Palabras clave: Control, encuesta, fincas, malezas, resistencia.

2.2 ABSTRACT

Between 2016 and 2017, field trips were made to banana plantations located in the municipalities of Ciénaga and Zona Bananera (high, medium and low regions) of the Department of Magdalena, in order to evaluate the impact of weeds within of this crop and the effectiveness of the methods used to control them. The samplings made allowed us to identify some weeds that were not responding to the chemical control, which is one of the most used in these production systems. Which led to the presumption of the existence of resistance by these unwanted plants to the herbicides commonly used in this area, such is the case of glyphosate. As a result, it was obtained that the species *Syngonium podophyllum* was cataloged in a total of 7 farms of the total of the visited farms, as the weed of greater complexity, where the common denominator was the presence of the plant in large aggregates in specific lots; In addition, of the difficult of its control through the different methods used in the farms, reasons for which one came to think of being at the forefront of a case of resistance. To determine if it was a case of resistance of this plantain in banana plantations, the methodologies proposed by Valverde (2009) and Fisher (2004) were applied, in the farms where *S. podophyllum* presented a greater infestation. This, in order to determine if the farms affected by this weed applied any specific herbicide molecule, and to do so, to know if it applied correctly.

Key words: Control, survey, farms, weeds, resistance.

2.3 INTRODUCCIÓN

Las malezas representan uno de los factores más limitantes para desarrollo del cultivos de banano, más aún cuando el principal método de control utilizado para combatirlas deja de ser eficiente en su propósito (Taberner, 2007). Así mismo, se debe decir que el fenómeno conocido como resistencia de malezas a la aplicación de herbicidas aún no ha sido documentado en cultivos de banano (Heap, 2018). En la Zona Bananera del Magdalena a pesar de existir algunas especies que ya han sido reportadas como malezas resistentes dentro de otros cultivos (Pinilla y García, 2002), nunca se han aplicado las metodologías

pertinentes que permitan precisar si dentro de estos sistemas de producción existen nuevas especies de malezas con posible resistencia a herbicidas.

Así mismo, en los últimos años se ha reportado el ineficiente control sobre algunas malezas, tal es el caso, de *Syngonium podophyllum* que ha sido calificada por parte de los productores de banano de la zona norte de Colombia, como una maleza de difícil control, debido a su amplia cobertura y capacidad de reproducción (asexual y sexual), además, y no menos importante, a la capacidad que tiene esta de sobrevivir a la aplicación de la dosis comercial de herbicida glifosato, el cual, es altamente utilizado en este cultivo. Por lo que se presume que se podría estar frente a un caso de resistencia.

Para confirmar un caso de resistencia, es necesario seguir un protocolo riguroso, en donde, debe hacerse preliminarmente la selección de una población de la especie de la cual se sospecha es resistente, para luego hacer la comprobación mediante bio-análisis en condiciones controladas con plantas enteras (Valverde, 2009). El Comité de Acción de Resistencia a Herbicidas (HRAC, por sus siglas en inglés), estableció los siguientes pasos para detectar y confirmar la resistencia de malezas a herbicidas: 1) Observación o monitoreo en campo; 2) Recolección de semillas; 3) Conducción de bio-ensayos con plantas enteras; 4) Aplicación de otras técnicas de diagnóstico (si se quiere determinar el mecanismo de resistencia) e 5) Interpretación de resultados.

El monitoreo en campo, no solo posibilita detectar cualquier reducción de la eficacia del herbicida por casos de resistencia, sino que además, permite detectar otros factores que pueden ser responsables de un pobre comportamiento del herbicida. Es necesario contar con un reporte de fallas en el control químico y se debe verificar un historial de aplicación de la molécula problema, así mismo, las condiciones de aplicación del producto en campo, e identificar las malezas (hasta nivel de especie) que no pueden ser controladas con el producto después de la aplicación con la dosis recomendada. Una encuesta o lista de chequeo que permita el registro de esta información, debe ser elaborada en este proceso, ya que resulta útil para comprender y ampliar el conocimiento del alcance del problema y mejorar la adopción de mejores prácticas para el control de malezas (Soteres & Peterson, 2018).

En este capítulo se describe el monitoreo realizado en las fincas bananeras, con el objetivo de verificar la presencia de la maleza *S. podophyllum* e identificar poblaciones de esta especie que no pudieron ser controladas o no resultaron afectadas luego de la aplicación adecuada del herbicida glifosato, con las dosis recomendadas y tradicionalmente utilizadas en las plantaciones bananeras del Magdalena.

2.4 ÁREA DE ESTUDIO

2.4.1 Zona Bananera del Magdalena.

El Municipio de Zona Bananera está localizado al norte del departamento del Magdalena, cuenta con un área de 47.971 Has. Se encuentra localizado entre los paralelos 10° 39' y 10° 55' latitud Norte y entre los meridianos 74° 06' y 74° 17' oeste de Greenwich y a una altura de 30 mts sobre el nivel del Mar. En la actualidad, está conformado por 11 corregimientos (Sevilla, Río Frío, Guamachito, Soplador, Palomar, Varela, La Gran Vía, Santa Rosalía, Orihueca, Guacamayal y Tucurínca) y 59 veredas. La temperatura promedio de este municipio es de 28°C y la precipitación promedio anual está entre 900 –1500 mm/año (P.B.O.T, 2001).

2.4.2 Municipio de Ciénaga.

El municipio de Ciénaga pertenece a la subregión norte del departamento del Magdalena. Se encuentra localizado entre los paralelos 10° 30' 20" a 11° 30' latitud Norte y 73 ° 30' a 74 ° 30' al oeste de Greenwich. La extensión total del municipio es de 1242.68 Kms². Administrativamente está dividido en una cabecera y cinco corregimientos (Cordobita, Sevillano, Palmor, San Pedro de la Sierra, y Siberia). La temperatura promedio de este municipio es de 28°C y la precipitación promedio anual está entre 500 y 1.000 mm, con dos épocas de lluvias mayores de mediado da Abril hasta finales de Junio, y de mediados de Agosto hasta finales de Noviembre (P.B.O.T, 2001).

2.5 METODOLOGIA

2.5.1 Monitoreo en campo.

Para la ejecución del presente trabajo se visitaron siete fincas (Tabla 1) con el fin establecer la presencia de plantas de difícil control con la aplicación de moléculas de herbicida, método que se estima como el más utilizado por los productores de banano en el departamento del Magdalena.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las fincas visitadas.

Fincas visitadas	Municipio	Coordenadas
Burdeos	Ciénaga	10°57'59.57"N 74°10'56.70" O
Margarita Rosa	Ciénaga	10°58'20.76"N 74°11'19.35"O
Eva	Zona bananera	10°53'53.24"N 74°10'46.04"O
Enano	Zona bananera	10°53'27.73"N 74°11'16.94"O
Florida	Zona bananera	10°54'2.63"N 74°11'11.49"O
Josefina San Rafael	Zona bananera	10°53'22.04"N 74°10'35.96"O
La Unión 2	Zona bananera	10°47'33.1"N 74°08'58.8"O

Establecidas las fincas con la presencia de alguna planta de difícil control, se procedió a identificar las malezas que poseían las características para ser estudiadas como posible población resistente a la aplicación de moléculas de herbicidas. Para lo anterior, en cada finca se ubicaron lotes con presencia de la maleza problema y se tomaron muestras de herbario, las cuales, se trasladaron al herbario de la Universidad del Magdalena (UTMC), para confirmar la identidad de la especie.

Una vez identificadas y referenciadas las plantas con capacidad de sobrevivir a las aplicaciones de herbicidas, se procedió a establecer con qué tipo de molécula se estaba haciendo el control químico de las malezas, del mismo modo, se procedió a individualizar

las fincas en las que se aplica algún tipo de molécula (Tabla 2). Esto con el fin de establecer poblaciones resistentes y susceptibles a cierto tipo de moléculas.

Tabla 2. Presencia de la maleza e identificación de método del control de las fincas visitadas.

Fincas visitadas	Presencia de la maleza <i>S. podophyllum</i>	Control químico	Control mecánico	Uso de glifosato
Burdeos	Si	No	Si	No
Margarita Rosa	No	No	Si	No
Eva	Si	Si	No	No
Enano	Si	Si	No	No
Florida	Si	No	Si	No
Josefina San Rafael	Si	No	Si	No
La Unión 2	Si	Si	No	Si

Con base a la metodología propuestas por Fischer (2004) y Valverde (2009) se creó y se aplicó una encuesta (ver anexo A), con el fin de determinar si en la finca se estaban realizando las aplicaciones del herbicida de forma correcta (calidad del producto, concentración adecuada de la molécula, condiciones de los equipos, correcta programación de los ciclos, condiciones climáticas al momento de la aplicación, etc.).

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizada la encuesta anteriormente citada, se estableció que las poblaciones de *Syngonium podophyllum* (resistente y susceptible) serían provenientes de las fincas Burdeos (población susceptible) y La Unión 2 (población resistente). Las cuales fueron nuevamente visitadas con el fin de recolectar material vegetal, con el propósito de plantarlas en materas y obtener el material de las poblaciones resistentes y susceptibles.

2.6.1 Confirmación de la presencia de *S. podophyllum* en lotes antes y después de la aplicación del herbicida.

Se verificó la aplicación del producto en campo, en lotes previamente seleccionados de las fincas Unión y Burdeos donde estaba presente la maleza. Dos semanas después de la aplicación del herbicida glifosato, se visitó el mismo lote y se hizo una evaluación visual del control de la maleza. Las indagaciones realizadas en las fincas afectadas con la presencia de *Syngonium podophyllum*, dejaron como resultado que las plantas de *S. podophyllum*, en diferentes estados fenológicos, no fueron afectadas por el producto, solo se observó una clorosis a nivel foliar en plantas más jóvenes, pero no fue generalizada. Lo anterior, permite inferir que no hubo un control eficiente de estas poblaciones.

2.6.2 Verificación de la calidad, dosis y condiciones de aplicación del producto en campo.

Después de aplicar la encuesta (anexo A) se logró determinar que cada uno de los factores que intervienen en la calidad de la aplicación del herbicida para el control de malezas fue controlado, es decir:

- Que los productos tenían fechas de vencimiento vigente.
- Que el agua para preparar las mezclas presentaba las condiciones de dureza y pH óptimos.
- Los equipos se encontraban en condiciones óptimas para la aplicación.
- Las condiciones climáticas no resultaron adversas en el propósito de controlar con productos asperjados.
- Que la altura de las malezas se encontraban en un rango controlable, es decir, que no supero la altura máxima a la que el herbicida trabaja de mejor forma.

- El operario estaba capacitado para realizar la labor en cuestión.

Lo anterior, permitió determinar que se hizo una correcta aplicación del herbicida en los lotes seleccionados con la presencia de *S. podophyllum* y se descarta que la sobrevivencia de las plantas después del control químico haya sido por una inadecuada aplicación del producto.

2.7 CONCLUSIÓN

Las visitas realizadas a las fincas bananeras permitieron aducir que en la mayoría de estas hay presencia de la planta *S. podophyllum*; Además, de la variabilidad en el método de control utilizado dentro de las mismas para el manejo de esta maleza.

Así mismo, el desarrollo de esta investigación permitió concluir que la presencia de *S. podophyllum* en los lotes de las fincas después de que se han realizado las aplicaciones de glifosato, induce a la sospecha de la posible resistencia de esta a la aplicación de este tipo de molécula, a pesar de que se cumplen las condiciones óptimas para aplicación y posterior acción del herbicida utilizado.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. {En línea}. {Consultado el 1 de agosto de 2018}. Disponible en: <www.weedscience.com>

PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (P.B.O.T). 2001. Ordenamiento territorial de los municipios de Ciénega y Zona bananera del departamento del Magdalena. {En línea}. {Consultado el 1 de agosto de 2018}. Disponible en:<<http://www.zonabaneramagdalena.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Pl>

[an%20B%C3%A1sico%20de%20Ordenamiento%20Territorial%20Zona%20Bananera.pdf](#)

>

PINILLA, C Y GARCIA, J. 2002. Manejo integrado de malezas en plantaciones de banano (Musa AAA). pp. 225-235. En: Memoria xv Reunión Asociación de bananero de Colombia, Augura, Cartagena, Colombia.

SOTORES, J. Y PETERSON, M. 2018. Monitoring and Mitigation of Herbicide Resistance: Global Herbicide Resistance Committee (HRAC) Perspectives. {En línea}. {Consultado el 1 de agosto de 2018}. Disponible en <<https://www.hracglobal.com> >

TABERNER, ANDREU. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas 100 pregunta sobre resistencia. FAO. Roma, Italia. 2007. {En línea}. {Consultado el 1 de julio de 2018}. Disponible en: < <http://www.fao.org/3/a-a1422s.pdf> >

VALVERDE, B. Bionalisis en la ciencia de las malezas: conceptos importantes y experiencia práctica. Ed. especial. Venezuela: SOVECOM, 2009. P 53-54 (P.P 81-0227).

VALVERDER, B.; RICHES, C.Y CASELEY, J. 2000. Prevención y manejo de la resistente a herbicidas en arroz: experiencia en América Central con *Echinochloa colona*. Cámara de Insumo Agropecuario. Primera edición. San José. Costa Rica. p, 40-45.

CAPÍTULO III

EFFECTOS DE DOSIS CRECIENTES DE GLIFOSATO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Syngonium podophyllum*.

3.1 RESUMEN

Se evaluó la sensibilidad al herbicida glifosato de dos poblaciones de la maleza *Syngonium podophyllum*, una con posible resistencia al herbicida (PR) y otra “población control” posiblemente susceptible al herbicida (PS). En condiciones controladas se aplicaron dosis crecientes del herbicida (0, 260, 528, 1.056, 2.112 y 4.224 g ha⁻¹ de i.a.). 21 días después de la aplicación se estimó el porcentaje de control, supervivencia, y se contó el número de hojas por planta y también se midió la biomasa. Ambas poblaciones sobrevivieron a la aplicación del herbicida, incluyendo hasta ocho veces la dosis comercial recomendada. Se registró una reducción en la biomasa del 50%, en comparación con el tratamiento control (sin herbicida), a partir de la aplicación de cuatro veces la dosis comercial (2.112 g ha⁻¹ de i.a.). Al observarse el mismo comportamiento en las dos poblaciones (PR y PS), se infiere que se trata de una tolerancia de la especie al producto y no de una resistencia. La tolerancia de *S. podophyllum* a glifosato puede atribuirse a que las hojas poseen cutículas más gruesas y por lo tanto la absorción del herbicida es menor.

Palabras clave: Control, ingrediente activo, malezas, tratamientos.

3.2 ABSTRACT

We evaluated the glyphosate herbicide sensitivity of two *Syngonium podophyllum* weed populations, one with possible resistance to the herbicide (PR) and another "control population" possibly susceptible to the herbicide (PS). Under controlled conditions, increasing doses of the herbicide were applied (0, 260, 528, 1,056, 2,112 and 4,224 g ha⁻¹ of i.a.). 21 days after the application, the control percentage, survival, was estimated and the number of leaves per plant was counted and the biomass was also measured. Both populations survived the application of the herbicide, including up to eight times the recommended commercial dose. A reduction in biomass of 50% was registered, compared to the control treatment (without herbicide), from the application of four times the commercial dose (2.112 g ha⁻¹ of i.a.). When observing the same behavior in the two populations (PR and PS), it is inferred that it is a tolerance of the species to the product and not of a resistance. The tolerance of *S. podophyllum* to glyphosate can be attributed to the fact that the leaves have thicker cuticles and therefore the absorption of the herbicide is lower.

Key words: Control, active ingredient, weeds, treatments.

3.3 INTRODUCCIÓN

El control de las malezas es una de las labores más importante dentro del mantenimiento del cultivo de banano, debido a que las especies que se comportan como malezas son más resistente que las plantas de interés agronómico. Es de vital importancia efectuar un manejo sobre estas de forma oportuna, adecuada y responsable. Baker (1974) afirma que cambios climáticos, edáficos e incluso de orden biológico son algunos de los factores adversos que las malezas pueden resistir.

Por otra parte, algunas malezas han adquirido la habilidad de sobrevivir y reproducirse luego de exponerlas a dosis tóxicas de productos químicos, convirtiendo esta capacidad en

otra forma de resistencia (Carbone, 2015). En los últimos años el manejo de estas especies no deseadas se ha efectuado a través de la aplicación de agroquímicos; el herbicida glifosato surgió como una opción para el control de malezas en el cultivo banano (Agüero *et al.*, 1998). Gracias a su acción sistémica de amplio espectro, además de la rápida biodegradación y desactivación en el suelo (Franz *et al.*, 1997, citado por Agüero *et al.*, 1998).

A pesar de que el glifosato es uno de los herbicidas más utilizado para el control de malezas, en los últimos años se han presentado y reportado a nivel mundial casos de malezas resistente a esta molécula (Powel, 2008, citado por Carbone, 2015). En relación con resistencia al glifosato se han reportado 32 especies (Heap, 2018); de las cuales, siete crecen en plantaciones bananeras del Magdalena, estas son: *Amaranthus spinosus*, *Conyza canadensis* (*Erigeron bonariensis*), *Digitaria insularis*, *Echinochloa colona*, *Eleusine indica*, *Leptochloa virgata* y *Sorghum halepense* (Carbonó & Cruz, 2005).

La especie *S. podophyllum* ha sido reportada como una maleza de difícil control asociada al cultivo de banano, dado que no responde al control químico efectuado con la dosis comercial de la molécula de glifosato, generando sospechas de una posible resistencia al herbicida. Debido a que la infestación por parte de esta maleza persiste en las fincas donde ya se ha supeditado la aplicación de la molécula de glifosato.

En este capítulo se describen los resultados obtenidos en los bioensayos realizados en condiciones controladas, con el objetivo de evaluar la respuesta de dos poblaciones de *S. podophyllum* a dosis crecientes de glifosato, para determinar la ED₅₀, es decir la dosis a partir de la cual se logra una reducción del 50% de la biomasa en plantas enteras tratadas.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Ubicación del sitio experimental.

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Granja experimental de la Universidad del Magdalena, en Santa Marta D.T.C.H, en el departamento del Magdalena, con coordenadas 11°13'23.94"N, 74°11'2.44"O. Con material vegetal extraído de dos fincas bananeras:

- **Finca la Unión (control químico):** ubicada en el corregimiento de Sevilla del municipio de la Zona Bananera, con las siguientes coordenadas:

Latitud: N 10° 47' 33.1"

Longitud: O 74° 08' 58.8

- **Finca Burdeos (control mecánico):** ubicada en el municipio de Ciénaga, con las siguientes coordenadas:

Latitud: N 10° 57' 59.57"

Longitud: O 74° 10' 56.70"

3.4.2 Recolección de semillas (propágulos).

La recolección del material vegetativo se efectuó en la finca La Unión 2, en la cual se hace control químico con glifosato desde hace más 4 años y donde se reportan fallas en el control de las malezas con el herbicida (población resistente), incluso con duplicación de la dosis recomendada. Se recolecto material vegetativo de las mismas especies de malezas en la finca Burdeos, en donde no se aplica herbicida (por lo menos desde 5 años antes del

presente estudio), las cuales, se tomaron como control (población susceptible). Para el establecimiento de los ensayos se siguió la metodología descrita por Valverde *et al.* (2000).

3.4.3 Adecuación de los propágulos.

El material de propagación se sembró en macetas en condiciones controladas. Para posteriormente realizar experimentos de dosis – respuesta con plantas enteras, que tuvieran de 3 a 4 hojas, y que presentaran similares condiciones en cuanto vigor; además, sin algún signo de enfermedad, ni ataque por algún insecto.

3.4.4 Sustrato.

Se utilizó arena de río y compost en proporciones 2:1 para la preparación del sustrato. La aplicación de este permitió que las plantas tuviesen un mejor desarrollo radicular y por ende mayor anclaje dentro de las macetas.

3.4.5 Preparación y aplicación del herbicida.

Para la aplicación del herbicida, las muestras fueron situadas en una casa malla para tener un mejor control en la aplicación del producto, esto, con la finalidad de que no se presentara dispersión de la solución en el entorno (deriva), y no afectara las demás especies vegetales existente en la granja experimental.

Para la preparación de la mezcla de herbicida, se determinó el nivel del pH del agua (agua destilada) a utilizar, determinado en un valor cercano a 5. Se estimó la utilización de dos tipos de coadyuvantes en la mezcla de herbicida: Hipotensor y Adherente; que aseguraron la dispersión de la gota de la mezcla y garantizaron la adhesión del producto en la superficie de tallos y hojas de la planta tratada. En la figura 1 se observa cómo se procedió a preparar la solución de herbicida.

Figura 1. Pasos para la preparación de la solución del herbicida.

Las cantidades de herbicida diluidos por litro de agua en las diferentes concentraciones fueron las siguientes (Tabla 3).

Tabla 3. Dosis aplicadas ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de i.a.) del herbicida (glifosato) y concentraciones (ppm i.a.) evaluadas para cada población de *S. podophyllum*.

Relación dosis comercial	Volumen (cc) herbicida usado/L de agua	Concentración de glifosato (ppm de i.a.)	Dosis aplicadas ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de i.a.).
0,5 X	10	2.400	264
X	20	4.800	528
2X	40	9.800	1.056
4X	80	19.200	2.112
8X	160	38.400	4.224

*X equivale a la dosis comercial

3.4.6 Diseño experimental.

Se empleó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos, cada unidad experimental contó con diez submuestras por finca (desde la R1-R10). En total se utilizarán 120 plantas. Los tratamientos a evaluar fueron los siguientes (Tabla 4):

Tabla 4. Descripción de tratamientos.

Tratamientos	Dosis (g. ha ⁻¹ de i.a.).	Repeticiones por población
T1	0	10
T2	264	10
T3	528	10
T4	1.056	10
T5	2.112	10
T6	4.224	10

3.4.7 Variables evaluadas.

Se evaluó el peso fresco y la emisión foliar de las plantas a los 21 días después de la aplicación de los respectivos tratamientos.

3.4.8 Análisis estadístico.

A estos datos de peso fresco se les aplicó un análisis de varianza previa comprobación de los supuestos de dicho análisis, y posteriormente se realizó la prueba de media con el uso

del programa estadístico R. Se determinaron las curvas de dosis-respuesta, para lo cual se aplicó la metodología propuesta por Streibig (1988) y Seefeldt *et al.* (1995). La metodología de estos dos autores tiene como modelo estadístico la siguiente fórmula (Figura 2).

Figura 2. Modelo logístico para describir las curvas de respuesta a dosis crecientes de un herbicida aplicado a plantas.

$$F(x) = C + \{D - C / 1 + \exp [b (\log x - \log ED_{50})]\}$$

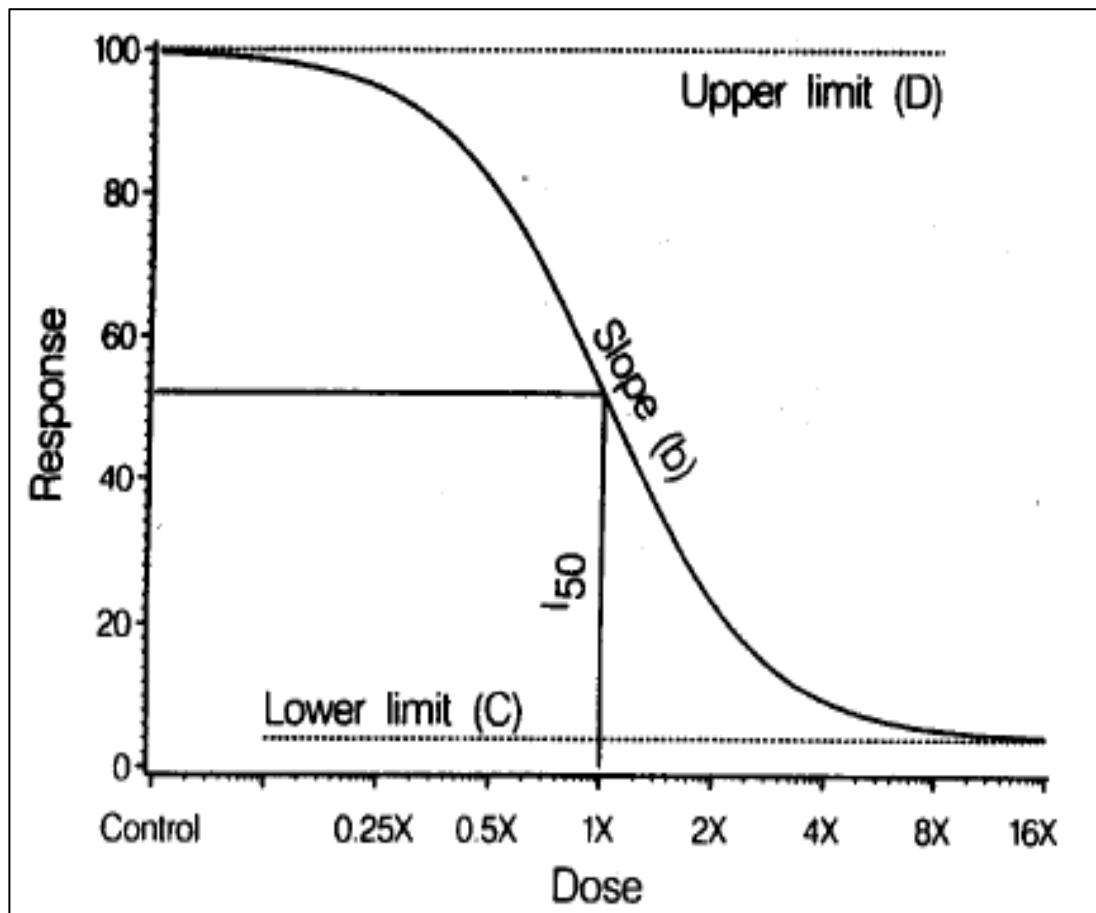
Dónde: **C**= límite inferior de la respuesta, **D**= límite superior, **b**= pendiente, **ED₅₀**= la dosis que produce un 50% de la respuesta, "**x**" = es la respuesta el peso fresco.

La ventaja que tiene este modelo es que cada uno de los parámetros posee su respectivo significado biológico donde:

- El límite superior corresponde a la respuesta media del control (plantas sin aplicación de herbicida).
- El límite inferior, a la media de la respuesta a dosis muy altas del herbicida.
- El parámetro *b* corresponde a la pendiente de la curva en el Segmento cercano al punto *ED₅₀*.

La metodología descrita por Streibig (1988) y Seefeldt *et al.* (1995) (Figura 3), recomienda usar un gradiente de dosis de: 0, 0.5X, X, 2X, 5X, y 10X; donde "X" corresponde a la dosis comercial del producto evaluado.

Figura 3. Curva típica que representa la respuesta de las plantas a un herbicida aplicado en dosis crecientes.



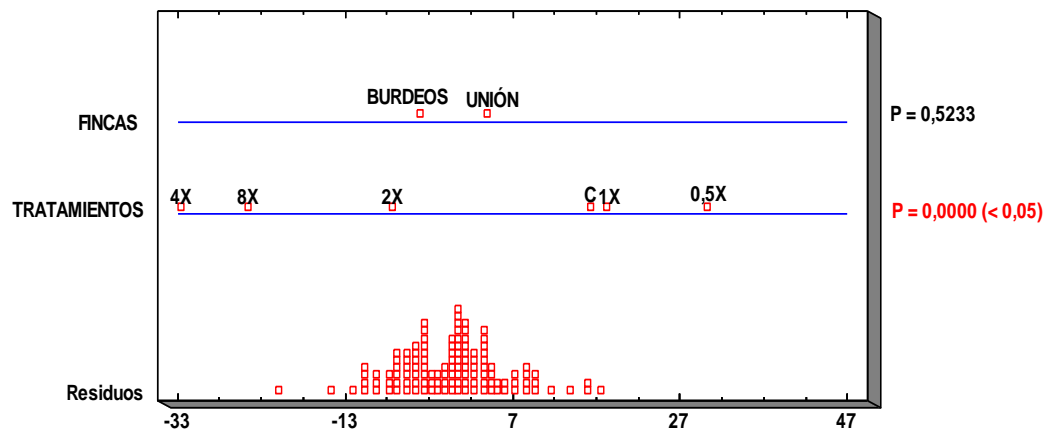
Para obtener el índice de resistencia (IR) se utilizó el criterio propuesto por Valverde *et al.* (2000); el cual se calculó como el cociente del I_{50} que se obtiene para la población con posible resistencia y el I_{50} la de la población considerada susceptible; cuando el valor del IR calculado es < 2 , se considera que la población no es resistente, pero si el IR es > 2 , se considera que la población es resistente.

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1 Interpretación del análisis estadístico.

Utilizando el programa estadístico R se aplicó el test de Shapiro–Wilk para comprobar la normalidad de las variables. El P-valor resultante de la prueba fue inferior a un cierto nivel de significación ($p < 0.05$), con un valor de $p = 0.006$, por lo que se rechazó la hipótesis de que las variables presentaban una distribución normal, afirmándose que la información analizada prelude a una distribución no normal con un 95% de confianza. El análisis de varianza de dos vías determinó qué factores (fincas y tratamientos) presentaban un efecto estadísticamente significativo sobre la variable dependiente (Peso fresco (g)). Los valores-P probaron la significancia estadística de cada uno de los factores. Dando como resultado un efecto de las concentraciones de glifosato sobre el peso fresco ($p < 0,00$) por partes de los tratamientos (T2, T3, T4, T5 y T6); lo que permitió determinar diferencia estadísticamente significativa con un 95% de confianza entre los tratamientos analizados (Figura 4).

Figura 4. ANOVA para peso fresco (g) y los distintos factores.



Con el fin de precisar cuáles de los tratamientos presentaban diferencias entre sus medias, se procedió aplicar por medio del análisis de varianza una prueba de comparación múltiple

a través del método de Tukey, el cual permitió establecer que medias eran significativamente diferentes de otra. En la tabla 5 se registran los resultados arrojados por la prueba no paramétrica, donde se evidencia la existencia de diferencias estadística entre las medias de los tratamientos con concentraciones altas de glifosato frente a los tratamientos de menor concentraciones.

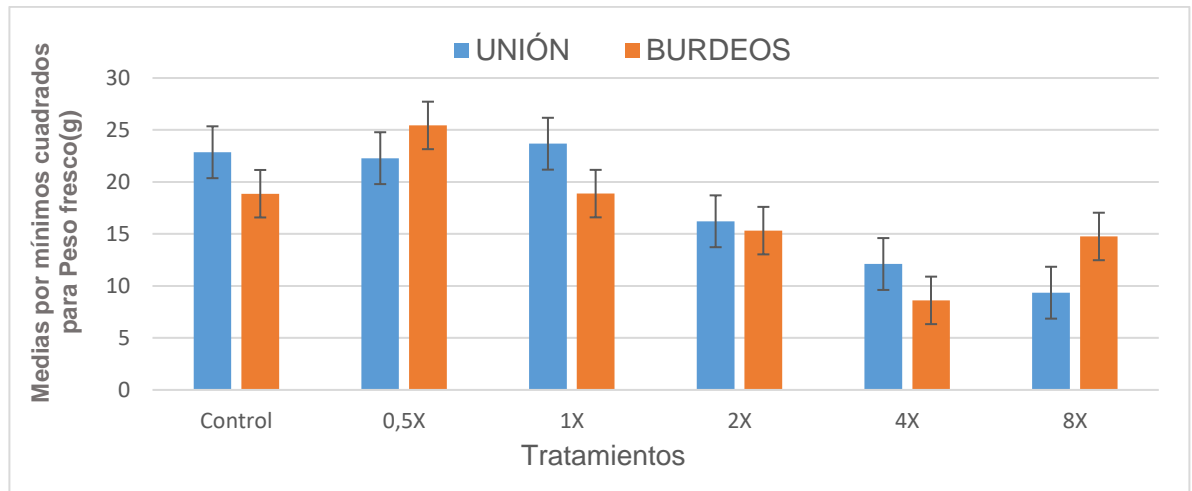
Tabla 5. Diferencia entre el grupo de medias de los tratamientos por concentración de glifosato de las dos poblaciones, determinado por test de Tukey.

Tratamientos	Concentraciones (ppm i.a.)	Dif. entre medias P.S	Dif. entre medias P.R	Dif. Para las dos poblaciones
Control - 4X	0 - 19.200	10,75	10,26	10,5
Control - 8X	0 - 38.400	13,51	8,81*	8,81*
0,5X - 2X	2.400 - 9.800	6,07*	10,12	8,09
0,5X - 4X	2.400 - 19.200	10,18	16,83	13,5
0,5X - 8X	2.400 - 38.400	12,94	10,68	11,81
1X - 4X	4.800 - 19.200	11,57	10,27	10,92
1X - 8X	4.800 - 38.400	14,33	9,22*	9,22

* Datos que se encuentran por debajo de los percentiles requeridos para que sean considerados significativos

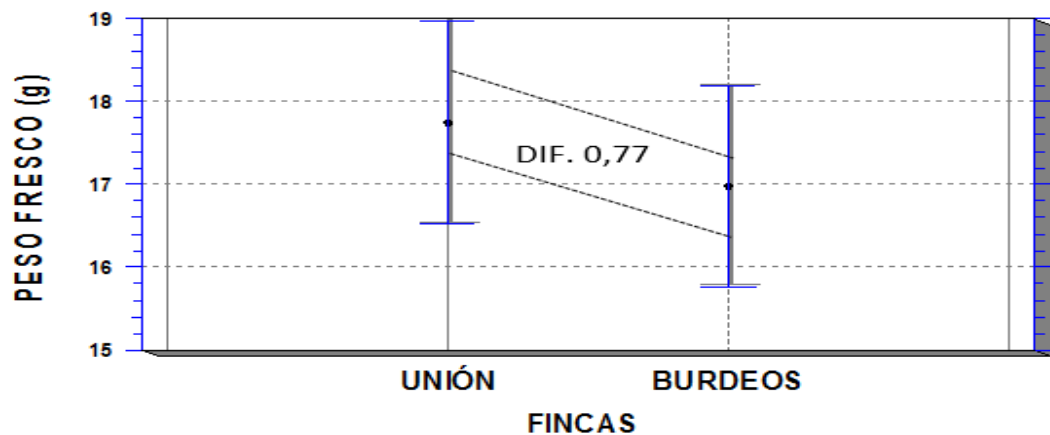
En la figura 5 se muestran las medias de peso fresco (g) para cada uno de los tratamientos evaluado. Las cuales permiten determinar que a partir del T3 las dos poblaciones (R y S) empiezan a presentar una disminución en la variable de peso fresco.

Figura 5. Medias y barras de error (desviación estándar).



Por otra parte, el análisis de la varianza también mostró la no existencia de diferencias significativas entre las media de las dos población estudiadas (S y R) con un nivel del 95,0% de confianza (Figura 6).

Figura 6. Promedio general de las medias de peso fresco (g) de los tratamientos de las poblaciones.



3.5.2 Supervivencia al herbicida.

Ninguna de las poblaciones evaluadas mostró una tasa de mortandad mayor o igual de 50% después de las aplicaciones de las diferentes dosis de glifosato. En la figura 7 se muestran los valores totales de supervivencias de la población S y la población R después de la aplicación del herbicida.

Por otra parte, del total de las plantas tratadas con glifosato solo tres presentaron marchitamiento completo por la acción del herbicida, sin recuperarse del daño inicial que le produjo la dosis, tal efecto se evidenció en las dos poblaciones después de la aplicación del T6 (4.224 g.ha⁻¹ i.a.) al final de las evaluaciones en campo (Figura 8).

Figura 7. Porcentaje de plantas muertas pasado los 21 días de la aplicación del glifosato.

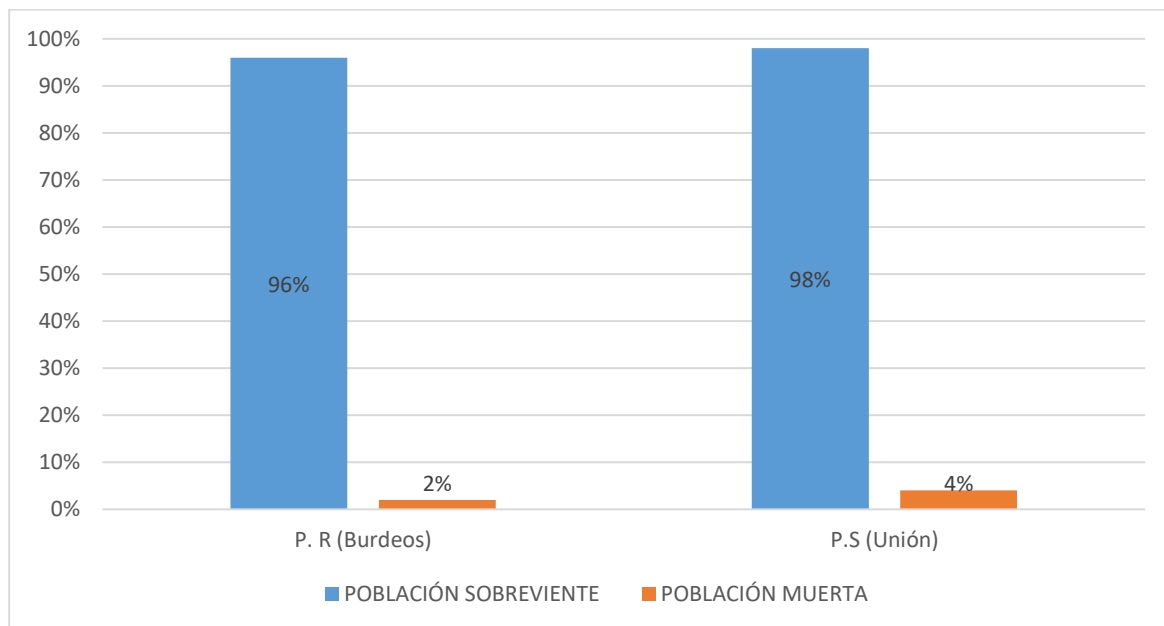
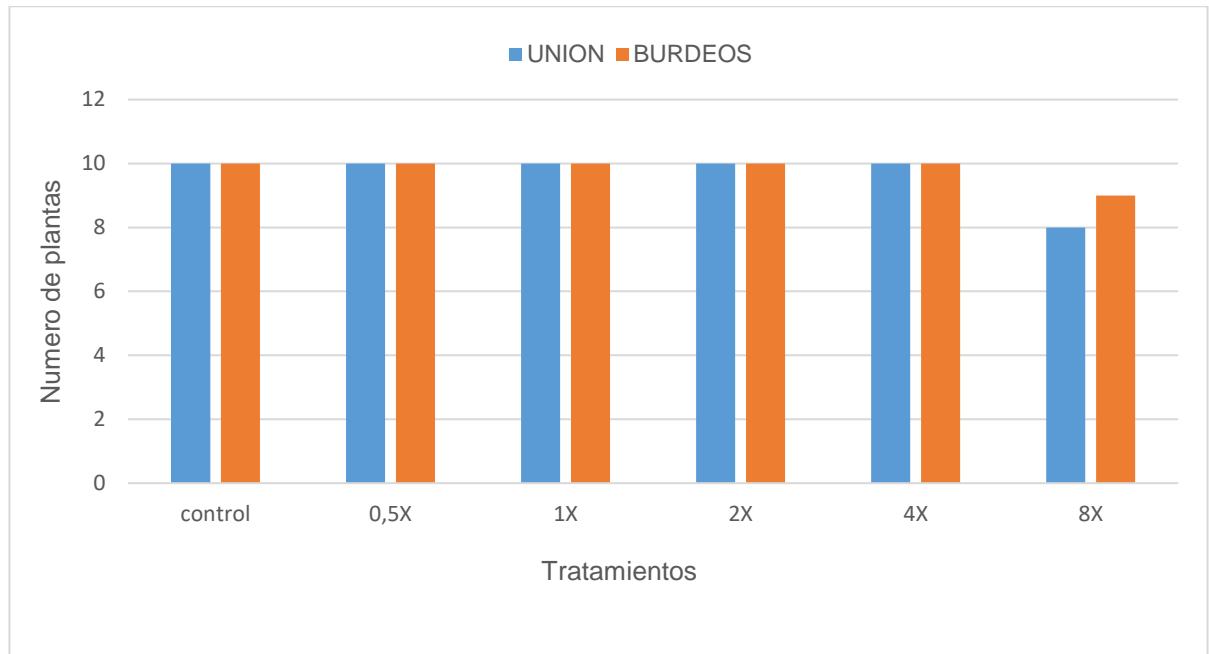
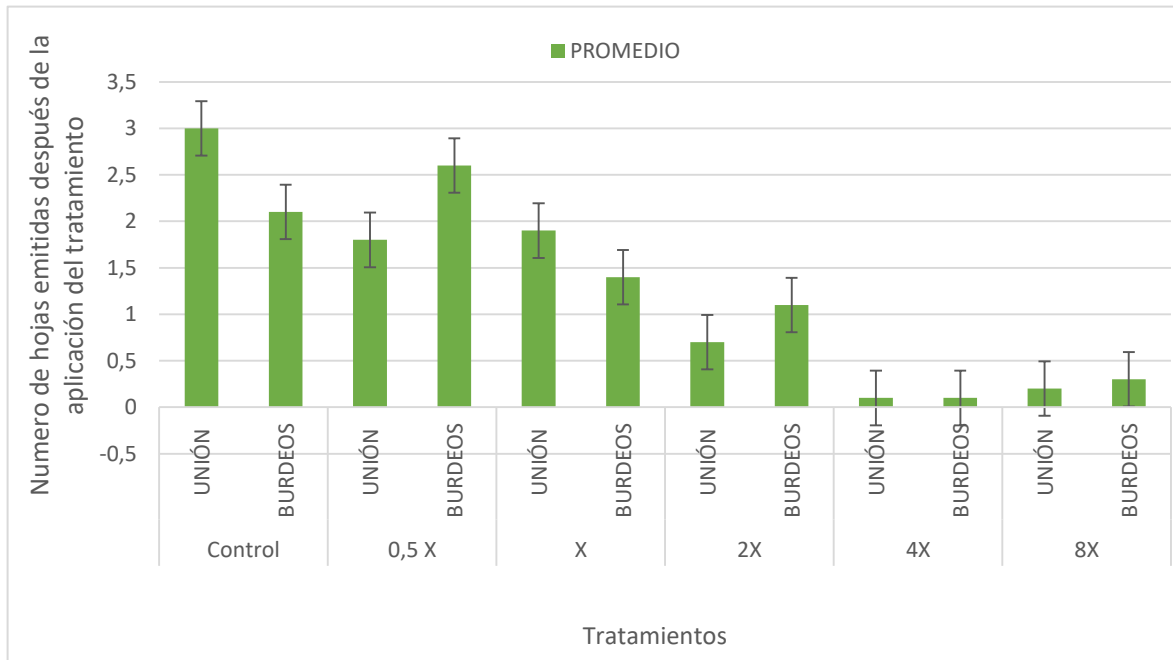


Figura 8. Supervivencia de las dos poblaciones de *S. podophyllum* después de ser tratadas con las diferentes dosis de glifosato ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$).



3.5.3 Emisión foliar.

Al aplicar mayores concentraciones de glifosato, se produce una limitante en el crecimiento y desarrollo foliar de *S. podophyllum*. Debido a que, las poblaciones tratadas con las concentraciones más altas de herbicida presentaron una emisión foliar al final de los monitoreos en campo más bajo con respecto a los tratamientos de menos concentraciones (Figura 9).

Figura 9. Emisión foliar de las dos poblaciones pasado los 21 de la aplicación del glifosato.

La mayor cantidad de hojas emitidas lo obtuvieron las plantas de la población R del T1 (control) y las plantas de la población S del T2 (0,5X), con un promedio de hojas de 3 y 2,6 respectivamente, cumplido los 21 día de monitoreo, y la menor tasa de emisión foliar la presentaron los tratamientos T4, T5 y T6 de las dos poblaciones evaluadas.

3.5.4 Porcentaje de control en función a la biomasa.

El análisis de varianza presentó valores estadísticamente significativos para la biomasa de las dos poblaciones tratadas con la dosis más altas de glifosato; En ese sentido los pesos de materia fresca más altos se observaron en los tratamientos 0,5X (dosis comercial) de la población susceptible y el tratamiento X (528 g i.a.ha⁻¹) de la población resistente, mientras que los menores pesos se confirieron a los tratamientos 4X (2.112 g i.a.ha⁻¹) y 8X (4.224 g i.a.ha⁻¹) de ambas poblaciones. Lo anterior, comparado con base al promedio del peso fresco de los tratamientos control (concentración 0) de ambas fincas (Tabla 6).

Tabla 6. Porcentaje de reducción de biomasa (control vs dosis aplicadas) de las dos poblaciones evaluadas.

Tratamientos	Fincas	
	Unión	Burdeos
0,5 X	2,49%	-34,82%*
X	-3,63%*	-0,05%*
2X	29,05%	18,81%
4X	47,03%	54,37%
8X	59,10%	21,78%

*porcentaje más altos de peso fresco en comparación con los valores de biomasa obtenidos para los individuos control en las poblaciones R y S.

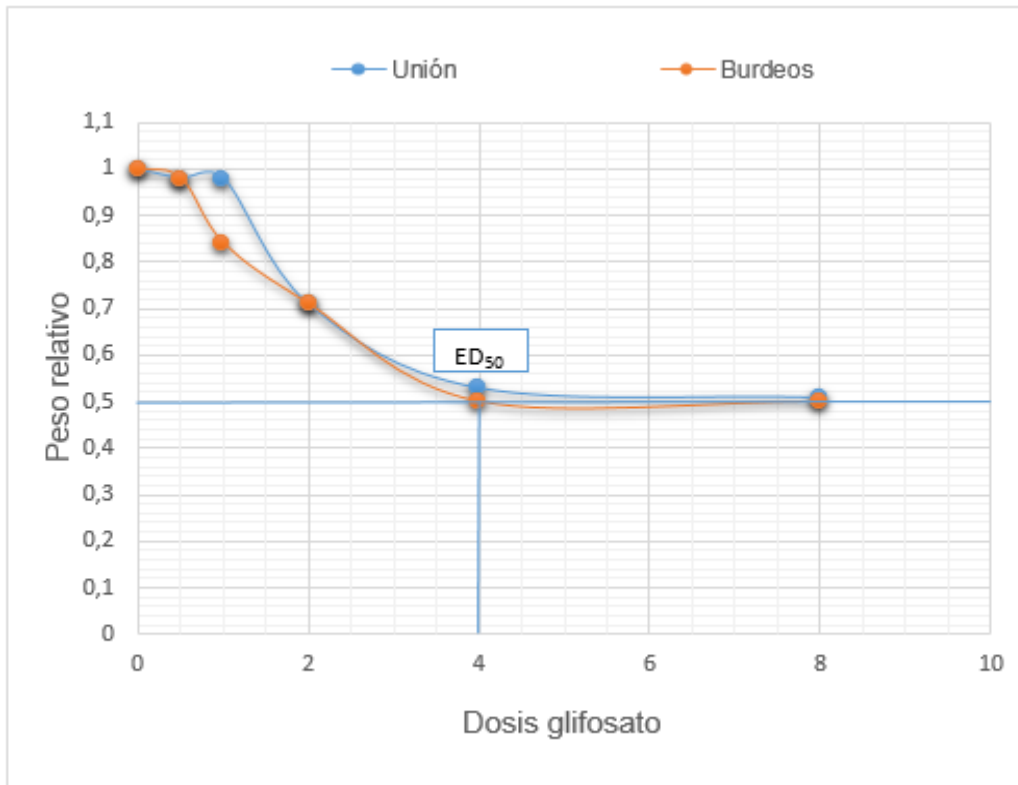
3.5.5 Curva dosis – respuesta.

La curva dosis y respuesta es una prueba estándar que permite determinar si un herbicida es causante de un daño al cultivo u otra planta de interés mediante la reproducción de los síntomas a través de la aplicación controlada del herbicida (Valverde, 2009).

Como se evidenciaron síntomas localizados en plantas de las dos poblaciones después de haber aplicado las dosis más altas de glifosato, se procedió a calcular la curva de dosis - respuesta a través de los datos de peso fresco. La figura 10 muestra el comportamiento de la biomasa en respuesta al efecto de las diferentes dosis, además, de evidenciar el ED₅₀, el cual es un valor numérico que hace referencia a la capacidad toxicológica que posee un producto sobre una población blanco, el valor de ED₅₀ no es más que la dosis del herbicida

que causa una reducción del crecimiento (peso fresco) de las plantas tratadas en un 50% en la relación al tratamiento control (Streibig, 1993).

Figura 10. Curvas dosis - respuestas considerando peso fresco relativo.



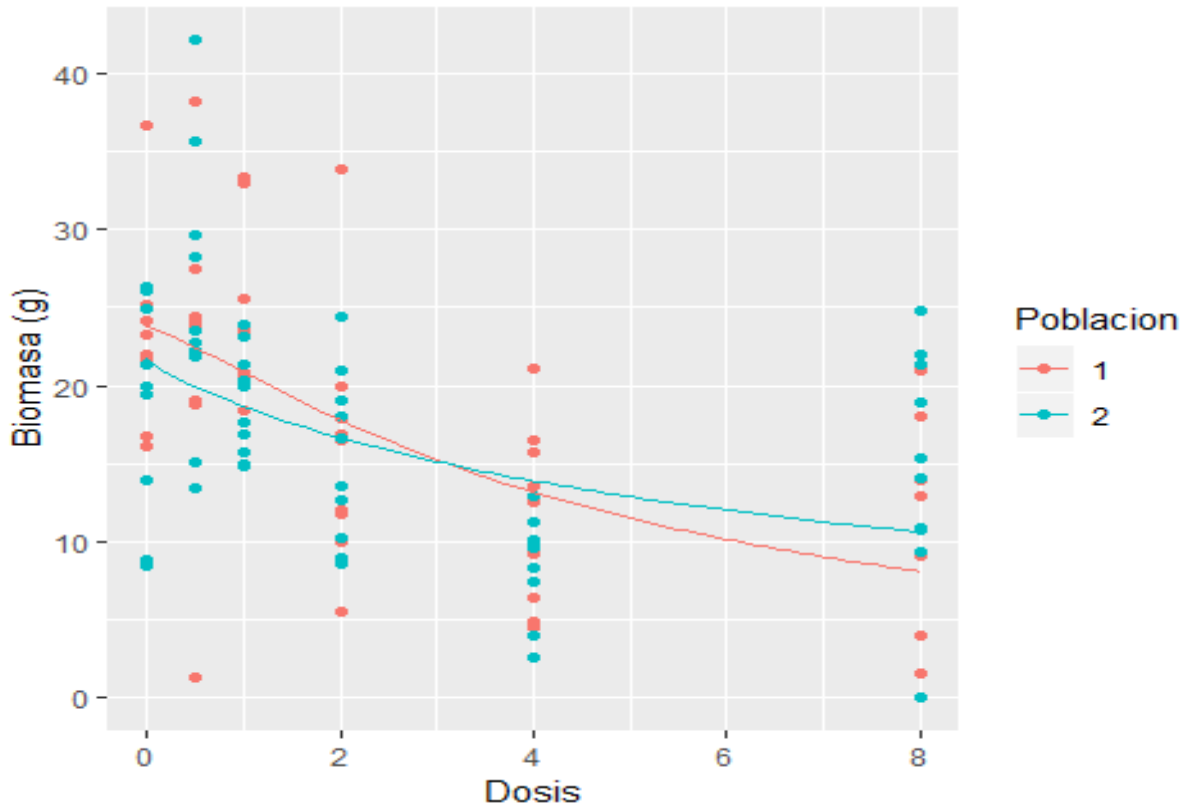
El comportamiento de las curvas de dosis – respuesta permitieron determinar que para este caso, la ED_{50} es 4X (cuatro veces la dosis comercial). Es decir, se requiere de 4 veces la dosis de glifosato para reducir el peso fresco en un 50% de las plantas de las dos poblaciones (S y R).

Por otra parte, los resultados del modelo logístico para describir las curvas de respuesta a dosis crecientes del herbicida aplicado a las dos poblaciones (R y S), permitieron corroborar lo anteriormente mencionado (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados del modelo logístico para describir las curvas de respuesta a dosis crecientes del herbicida.

Coeficiente de la población R				
Parámetro	Estimate	Std Error	t- valué	p- valué
b:(Intercept)	1.26289	0.37252	3.3901	0.001274 **
d:(Intercept)	23.77590	1.77682	13.3812	< 2.2e-16 ***
c:(Intercept)	4.76221	1.17038	4.0690	0.000147 **
Coeficiente de la población S				
Parámetro	Estimate	Std Error	t- valué	p- valué
b:(Intercept)	0.89280	0.27635	3.2307	0.002053 **
d:(Intercept)	21.68716	1.77011	12.2519	< 2.2e-16 ***
c:(Intercept)	7.67874	3.57427	12.2519	0.035949 *

Las dos poblaciones tienen el mismo comportamiento o respuesta al efecto de las dosis, las curvas de dosis – respuesta y su ED_{50} son similares (Figura 11). Esto no permite estimar un IR porque no hay resultados diferenciales entre R y S, a pesar que la inhibición del crecimiento de por lo menos el 50% peso fresco de la dos poblaciones tratadas, comenzó a presentarse con la dosis 2.112 g.ha^{-1} de i.a., en relación con el crecimiento del testigo sin tratar.

Figura 11. Dispersión de valores de biomasa (g) de las dos poblaciones tratadas.

3.5.6 Tolerancia y no resistencia.

Como no se presentó un control total por parte de las dos poblaciones evaluadas después de los 21 días de la aplicación de los tratamientos, se descartó la hipótesis de estar al frente de una maleza resistente, a pesar de que se evidenció una reducción del peso fresco con las dosis de glifosato más altas.

No se puede hablar de una resistencia por parte de esta arvense a la molécula de glifosato, pero sí de una posible tolerancia propia de la planta a las dosis normales y excesivas utilizadas en este ensayo. Entendiéndose por tolerancia a la capacidad natural y heredable

que tienen todos los individuos de una especie de soportar la dosis de uso de un herbicida debido a características morfológicas y/o fisiológicas que le son propia (Papa, 2004).

Se presume que la posible tolerancia de la especie *S. podophyllum* se debe a las características morfológicas de sus hojas, las cuales poseen una cutícula más gruesas y cerosa que puede llegar afectar de manera importante la permeabilidad y absorción de la molécula de glifosato (Cardona, 1997).

3.6 CONCLUSIÓN

Una vez revisados los resultados de efectos de dosis crecientes de glifosato sobre el crecimiento de *Syngonium podophyllum* se concluye que:

- Ninguna de las dosis aplicadas tuvo un efecto, desde el punto de vista del control de malezas, sobre las dos poblaciones de *Syngonium podophyllum* tratadas.
- Se requirió de 4 veces la dosis recomendada de glifosato para reducir en un 50% el peso fresco de plantas de *S. podophyllum*.
- Los tratamientos que tuvieron un mejor control sobre la variable dependiente (peso fresco) fueron los tratamientos 5 (4X) y 6 (8X).
- La dinámica del desarrollo y crecimiento foliar se limita cuando se aplican altas concentraciones de glifosato.
- Ninguna de las dos poblaciones evaluadas mostró resistencia al glifosato.
- La dosis de herbicida de 8X (4.224 g.ha⁻¹ de i.a.) provocó daños y muerte en plantas de las dos poblaciones.

- El bajo control por parte del glifosato sobre las plantas de *Syngonium podophyllum*, permitió entrever que la mencionada especie presenta la particularidad biológica de la tolerancia a agentes condicionantes.

3.7 BIBLIOGRAFÍA

AGÜERO, R.; PÉREZ, P. Y GUZMÁN, M. Crecimiento y rendimiento del banano (*Musa AAA*) bajo ciclos consecutivos de aspersión con glifosato. **1998**. {En línea}. {Consultado el 12 de Agosto del 2018}. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n02_105.pdf>

BAKER, H. 1974. The evolution of Weeds. Annual Review of Ecology and Systematics.EE.UU.Vol.5 (Noviembre Del 1974); p 1-24. [Citado el 12 de agosto del 2018].Disponible en:< <https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000245> >

CARBONE, A. Caracterización morfo-anatómica de dos poblaciones de *Gomphrena perennis* L. y su posible relación con la sensibilidad al herbicida glifosato. Tesis de maestría Argentina: Universidad Nacional de La Plata 2015. 6-7p

CARBONÓ & CRUZ. Identificación de coberturas promisorias para cultivo de banano en la zona de santa marta, Colombia. 2005. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}. Disponible en: < <http://oaji.net/articles/2015/2338-1439560434.pdf> >

FRANZ, JE. ; MAO, MK. Y SIKORSKI, JA. 1997. Glyphosate: A Unique Global Pesticide. Traducido y citado por Agüero, R.; Pérez, P. Y Guzmán, M. 1998. Crecimiento y rendimiento del banano (*Musa AAA*) bajo ciclos consecutivos de aspersión con glifosato. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}.Disponible en: < http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n02_105.pdf>

HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. {En línea}. {Consultado el 1 de Agosto del 2018}. Disponible en: <www.weedscience.com>

PAPA, J; FELIZA, J. Y ESTEBAN, A. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. 2004. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}. Disponible en:<<http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2014/03/MALEZAS-TOLERANTES-y-RESISTENTES-A-HERBICIDAS.pdf>>

POWLES, S. 2008. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. Pest Manag Sci 64:360-365. Traducido y citado por **CARBONE, A.** Caracterización morfo-anatómica de dos poblaciones de *Gomphrena perennis* L. y su posible relación con la sensibilidad al herbicida glifosato. Tesis de maestría Argentina: Universidad Nacional de La Plata 2015. 6-7p.

VALVERDE, B. Bionalisis en la ciencia de las malezas: conceptos importantes y experiencia práctica. Edición especial. Venezuela: SOVECOM, 2009. P 53-54 (P.P 81-0227).

VALVERDER, B.; RICHES, C.Y CASELEY, J. 2000. Prevención y manejo de la resistente a herbicidas en arroz: experiencia en América Central con *Echinochloa colona*. Cámara de Insumo Agropecuario. Primera edición. San José. Costa Rica.p, 40-45.

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, S.E.; FUERST, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. Weed technology, v.9, p.218-224, 1995. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/261098625_Loglogistic_analysis_of_herbicide_dose-response_relationships>

STREIBIG, J. 1988. Herbicide bioassay. Weed Research. 28, 479-484. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}. Disponible en: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3180.1988.tb00831.x/abstract>>

STREIBIG, J. C. 1993. Herbicide bioassays. Boca Raton: CRC Press. 270 p.

DISCUSIÓN GENERAL

Cada vez cobra mayor importancia la identificación de biotipos resistentes a herbicidas, dado al incremento de poblaciones de malezas resistentes a nivel mundial. Es por eso que la implementación de las metodologías anteriormente citadas deben de ser aplicada en todo sistema productivo cuando se tenga sospecha de posibles casos de resistencia por parte de una maleza, la cual, no este respondiendo a los controles por medio de los herbicidas que estén utilizando para su control. Lo anterior con el fin de poder detectar e identificar a tiempo, nuevos posibles casos de malezas resistentes a cualquier molécula de herbicida, que puedan llegar a ser un problema a futuro en los agroecosistemas, tanto en lo productivo como en lo económico.

La herramienta de diagnóstico (bioanálisis) implementada y desarrollada dentro de las fincas Unión y Burdeos, junto con los resultados obtenidos después de aplicar el análisis estadístico permitieron determinar que las plantas de *S. podophyllum* que fueron sometida al tratamiento de máxima concentración de glifosato (38.400 ppm i.a.) presentaron un mejor control en cuanto al crecimiento (emisión foliar), en comparación con el resto de los tratamientos aplicados. Se observó además, que los seis tratamientos evaluados presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de su peso fresco; los tratamientos 4X y 8X fueron los que presentaron una mayor significancia, en comparación a los tratamientos de menor concentración. Además, las medias de las dos poblaciones estudiadas (S y R) no presentaron diferencias estadísticas.

La baja acción de un herbicida sobre una planta puede atribuirse a las características morfológicas de la misma, como la superproducción de ceras, cutícula gruesa, presencia de tricomas, entre otras (Nandula *et al*, 2008). Lo anterior permite inferir que *S. podophyllum* posiblemente posee la capacidad de impedir el ingreso de herbicidas, gracias a ciertas características anatómicas y morfológicas que esta maleza posee.

Sipos y Trif (2009), sustentan que las hojas de *S. podophyllum* se caracterizan por presentar una anatomía muy peculiar, ya que a nivel del haz y el envés presentan una epidermis con una gran cantidad de fascículos conductores de tipo colateralmente cerrado, protegidos por arcos de esclerenquima, además, de presentar en los peciolo de las misma, una epidermis suberificada y un parénquima colateralmente cerrado. Jiménez (2016) sustenta que las especies perteneciente a las familia Araceae consta de compuestos hidrofóbicos a nivel de micro y nano-estructura, que le puede conferir hermeticidad a la acción de elementos ajenos a la planta, y en este sentido no podría ingresar algún agente que pudiera generarle daños de modo sistémico (Jiménez, 2016).

La posible tolerancia ejercida por *S. podophyllum* al glifosato se puede deber a que sus hojas se encuentran conformada por una cutícula gruesa, además, de una capa serosa (Cardona, 1997). Schreiber *et al*, (1996); Buchholz y Schonherr (2000), afirman que las ceras cuticulares son las que constituyen la barrera principal a la difusión del agua y los solutos a través de la cutícula, al crear en gran parte un camino de barrera, para las moléculas que se difunden.

Handbook (1994) afirma que el glifosato al depositarse sobre la superficie foliar inicia el proceso de absorción, esta molécula encuentra como primera barrera una capa de cera epicuticular que debe atravesar, lo anterior teniendo en cuenta que esta ceras varían según la especie y condiciones de crecimiento, para posteriormente pasar a través de la cutícula, que se encuentra interrumpida por ectodesmos que constituyen vías de penetración del herbicida a la hoja. Traspasar la pared celular de las células epidérmicas y penetrar la membrana más externa del citoplasma; Son otras barreras que debe de penetrar el glifosato antes de su acción de control sobre las plantas (Cardona, 1997).

En países como Costa Rica, en donde *S. podophyllum* ya ha sido identificada como una planta trepadora en la producción bananera (Rodríguez y Agüero, 2000). Se han realizados estudios para determinar la eficiencia del uso de herbicidas como el glifosato en el control de especies como *S. podophyllum*, llegando a la conclusión de que en varios de los lugares de estudios, *S. podophyllum* es la especie predominante debido a que los programas de

control de malezas no logran su control por medio de las dosis recomendadas del producto (Alvarado, 2006).

Investigaciones enfocadas en el estudio del control de esta maleza, afirman que la molécula de glifosato efectivamente tiene un bajo control sobre *S. podophyllum* cuando se aplica de forma individual (Agüero *et al*, 2008); la investigación desarrollada por estos autores arrojaron como solución al control químico de *S. podophyllum* una mezcla de la molécula de glifosato más la molécula carfentrazone; otro herbicida utilizado para el control de este tipo de plantas indeseadas desde el punto de vista agronómico.

CONCLUSIÓN GENERAL


Basados en los resultados obtenidos, la hipótesis y los objetivos planteados en la presente investigación y en la búsqueda de contribuir con el sector productivo en la forma de controlar a *Syngonium podophyllum* como maleza en los cultivos de banano del departamento del Magdalena; puede concluirse que:

- Las dos poblaciones de *Syngonium podophyllum* (resistente y susceptible) manifestaron similar comportamiento después de las aplicaciones de los diferentes tratamientos, por lo que se asume que no existe relación entre el tipo de control empleado históricamente y la respuesta por parte de las mismas a la aplicación de glifosato.
- Ninguna de las dos poblaciones evaluadas mostro resistencia al glifosato.
- El bajo control por parte del glifosato sobre las plantas de *Syngonium podophyllum*, permitió entrever que la mencionada especie presenta la capacidad de tolerar a este tipo de agentes condicionantes.

ANEXOS

Anexo A. formato de encuesta realizado en las fincas.

Cuadro 1. Lista de chequeo.

<p>Proyecto de investigación</p> <p>Diagnóstico de la resistencia de una población de <i>Syngonium podophyllum</i> (Araceae) a glifosato.</p> <p>LISTA DE CHEQUEO</p>	
--	---

D	M	A	Municipio:	Finca:
Lote:		Coordenadas:		Herbicida utilizado:
Dosis:			Ciclos de aplicación:	
Evaluadores:				

N°	Ítem a evaluar	CUMPLE		Observación
		SI	NO	
1	Ineficacia del herbicida			
1.1	¿Se utilizó el herbicida recomendado para el control de la maleza que se considera?			
1.2	¿Se encontraba el herbicida en su envase original y debidamente etiquetado?			
1.3	¿Estaba el herbicida almacenado en condiciones apropiadas y conservaba la vigencia de su vida útil?			
1.4	¿Presentaba el herbicida un aspecto normal en cuanto a su densidad y su color?			
2	Calidad de la aplicación			
2.1	¿El equipo empleado en la aplicación del herbicida estaba debidamente lavado y en buenas condiciones?			

Cuadro 1. (Continuación)

2.2	¿Se procedió a calibrar el equipo antes de realizar la aplicación?			
2.3	¿Se utilizó agua limpia para hacer la aplicación?			
2.4	¿Se adicionaron los herbicidas o componentes de la mezcla en el orden apropiado?			
2.5	¿Se agregó aceite agrícola o algún coadyuvante recomendado o requerido según la etiqueta?			
2.6	¿Permitían las condiciones del terreno la aplicación homogénea del herbicida?			
2.7	¿Se mantuvo la velocidad y la presión de la aplicación durante toda la operación?			
3	Condiciones ambientales			
3.1	¿Llovió durante la aplicación del herbicida o poco después?			
3.2	¿Tenía el suelo las condiciones apropiadas de textura y humedad?			
3.3	¿Se realizó la aplicación con viento en calma o con viento fuerte?			
4	Condiciones en que se encuentra el cultivo y las malezas			
4.1	¿En qué estado de crecimiento se encontraban las malezas?			
4.2	¿Qué densidad de malezas había al momento de la aplicación y cómo se distribuía la maleza en el campo?			
4.3	¿Se aplicaron otros agroquímicos poco tiempo antes o después de la aspersión del herbicida?			
5	Historial del empleo de herbicidas			
5.1	¿Ha utilizado el mismo herbicida (ingrediente activo) o productos de una misma familia de afinidad fisiológica?			
5.2	¿Ha notado una merma paulatina en el grado de control obtenido por aplicar siempre el mismo herbicida?			
5.3	¿Ha tenido problemas de resistencia al control que hacen los herbicidas en otras malezas o en otras áreas de su finca?			
5.4	¿Existen malezas resistentes en áreas vecinas?			

Anexo B. Registros del análisis estadístico.

Cuadro 2. Análisis de varianza para los varios factores de peso fresco (g).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTO	2992,75	5	598,549	13,74	0,0000
B:FINCA	17,8641	1	17,8641	0,41	0,5233
INTERACCIONES					
AB	438,189	5	87,6379	2,01	0,0827
RESIDUOS	4704,83	108	43,5632		
TOTAL (CORREGIDO)	8153,63	119			

$P < 0,05$

Cuadro 3. Pruebas de Múltiple Rangos para peso fresco (g) por tratamiento, para la determinación de los Grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
5	20	10,36	1,47586	X
6	20	12,055	1,47586	X
4	20	15,77	1,47586	XX
1	20	20,865	1,47586	XX
3	20	21,28	1,47586	XX
2	20	23,865	1,47586	X

Cuadro 4. Procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
0.5X-Control	0.635	-0.399808	1.669808043	0.4833220
1X-Control	0.165	-0.869808	1.199808043	0.9972985
2X-Control	-0.245	-1.279808	0.789808043	0.9831350
4X-Control	-1.250	-2.284808	-0.215191957	0.0084766
8X-Control	-1.040	-2.074808	-0.005191957	0.0480988
1X-0.5X	-0.470	-1.504808	0.564808043	0.7751999
2X-0.5X	-0.880	-1.914808	0.154808043	0.1433735
4X-0.5X	-1.885	-2.919808	-0.850191957	0.0000092
8X-0.5X	-1.675	-2.709808	-0.640191957	0.0001095
2X-1X	-0.410	-1.444808	0.624808043	0.8597518
4X-1X	-1.415	-2.449808	-0.380191957	0.0017638
8X-1X	-1.205	-2.239808	-0.170191957	0.0126233
4X-2X	-1.005	-2.039808	0.029808043	0.0622045
8X-2X	-0.795	-1.829808	0.239808043	0.2335840
8X-4X	0.210	-0.824808	1.244808043	0.9916308

Cuadro 5. Medias por Mínimos Cuadrados para peso fresco (g) con intervalos de confianza del 95,0%.

Nivel	Casos	Media	Error est.	Límite inf.	Límite sup.
MEDIA GLOBAL	120	17,3658			
TRATAMIENTO					
Control	20	20,865	1,47586	17,9396	23,7904
0,5X	20	23,865	1,47586	20,9396	26,7904
1X	20	21,28	1,47586	18,3546	24,2054

Cuadro 5. (Continuación)

2X	20	15,77	1,47586	12,8446	18,6954
4X	20	10,36	1,47586	7,43458	13,2854
8X	20	12,055	1,47586	9,12958	14,9804
FINCA					
UNIÓN	60	17,7517	0,852088	16,0627	19,4407
BURDEOS	60	16,98	0,852088	15,291	18,669
TRATAMIENTO por FINCA					
T1-UNIÓN	10	22,86	2,08718	18,7228	26,9972
T1-BURDEOS	10	18,87	2,08718	14,7328	23,0072
T2-UNIÓN	10	22,29	2,08718	18,1528	26,4272
T2-BURDEOS	10	25,44	2,08718	21,3028	29,5772
T3-UNIÓN	10	23,68	2,08718	19,5428	27,8172
T3-BURDEOS	10	18,88	2,08718	14,7428	23,0172
T4-UNIÓN	10	16,22	2,08718	12,0828	20,3572
T4-BURDEOS	10	15,32	2,08718	11,1828	19,4572
T5-UNIÓN	10	12,11	2,08718	7,97284	16,2472
T5-BURDEOS	10	8,61	2,08718	4,47284	12,7472
T6-UNIÓN	10	9,35	2,08718	5,21284	13,4872
T6-BURDEOS	10	14,76	2,08718	10,6228	18,8972

Anexo D. Registro fotografico

Foto 1. Cobertura de *Syngonim podophyllum* en las fincas visitadas.



Foto 2. Establecimiento de las dos poblaciones de *Syngonim podophyllum* en las intalaciones de la granja experimental de la Universidad del Magdalena.



Foto 3. Preparación y aplicación del herbicida glifosato.



Foto 4. Reubicación de las plantas después de haber aplicado el herbicida.



Foto 5. Último monitoreo de campo (cumplido los 21 días) de verificación de las respuestas de *S. podophyllum* a la aplicación del glifosato.



BIBLIOGRAFIA

AGÜERO ALVARADO, RENAN; BRENES P., STEVEN Y RODRÍGUEZ ANA. Alternativas para el control químico de conde (*Syngonium podophyllum* Schott) en banano (*Musa* AAA). Agronomía Mesoamericana. 2008. {En línea}. {Consultado el 22 de julio del 2018} Disponible en: <<http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5012/4819> >

AGÜERO, R.; PÉREZ, P. Y GUZMÁN, M. Crecimiento y rendimiento del banano (*Musa* AAA) bajo ciclos consecutivos de aspersion con glifosato. 1998. {En línea}. {Consultado el 12 de Agosto del 2018}. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n02_105.pdf >

AGUIRRE BUITRAGO, J; NARVÁEZ GONZALEZ, S; BERNAL VERA M; CASTAÑO RAMÍREZ, E. Contaminación de operarios con clorpirifos, por práctica de "embolsado" de banano (*Musa* sp.) en Urabá, Antioquia. Revista Luna Azul. Manizales, Colombia. 2014. {En línea}. {Consultado el 22 de julio del 2018}. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S190924742014000100012. > ISSN 1909-2474.

AGURA. Coyuntura Bananera. 2017. {En línea}. {Consultado el 22 de julio del 2018}. Disponible en: <http://www.augura.com.co/wp-content/uploads/2015/08/COYUNTURA_BANANERA-2017.pdf >

AKOBUNDU, O. Weed Science in the Tropic and Practices. Traducido y citado por **TERRY, PJ.** Manejo de malezas en frutales. En: Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. Cap 16. FAO. Roma, Italia.1996. {En línea} {Consultado el 21 de febrero de 2017}. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0k.htm#capítulo_16._manejo_de_malezas_en_frutales >

ALVARADO, B. Determinación de la eficiencia del carfentrazone y el glifosato en el control de las malezas *Eleusine indica* y *Syngonium* sp. En el cultivo del banano,

Matina, Limón, Costa Rica. 2006. Consultado el 28 de Septiembre de 2018. Disponible en: <<http://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5893> >

ARANDA, N. D.; CHALCO VERA, J. E. Y NASCA DE ZAMORA, P. Caracteres epidérmicos de hojas de singonio (*Syngonium podophyllum*) una planta ornamental con pleomorfismo foliar. 2010. {En línea}. {Consultado el 21 de febrero del 2017}. Disponible en: <<http://scait.ct.unt.edu.ar/pubjornadas2010/trabajos/60.pdf> >

BAKER, H. 1974. The evolution of Weeds. Annual Review of Ecology and Systematics. EE.UU. Vol.5 (Noviembre Del 1974); p 1-24. [Citado el 22 de agosto del 2018]. Disponible en: <<https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000245> >

BLANCO, Y; LEYVA, A. Las arvenses en el agroecosistemas y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 2007. {En línea}. {Consultado el 10 de mayo del 2017}. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/pdf/1932/193217731003.pdf> >

BUCHHOLZ, A. Y SCHONHERR, J. 2000. Análisis termodinámico de la difusión de no electrolitos a través de las cutículas de la planta en presencia y ausencia del plastificante fosfato de tributilo. Planta 212:103-111.

CARBONE, A. Caracterización morfo-anatómica de dos poblaciones de *Gomphrena perennis* L. y su posible relación con la sensibilidad al herbicida glifosato. Tesis de maestría Argentina: Universidad Nacional de La Plata 2015. 6-7p

CARBONÓ & CRUZ. Identificación de coberturas promisorias para cultivo de banano en la zona de santa marta, Colombia. 2005. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}. Disponible en: <<http://oaji.net/articles/2015/2338-1439560434.pdf> >

CARBONÓ & QUINTERO. Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento de Magdalena, Colombia. En: Revista colombiana de ciencias hortícolas. No.2 (Julio-Diciembre., 2015); p 332. [Citado el 22 de febrero del 2017]. Disponible en:<Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.4188> >

CARDONA PINEDA, Julio.1997. Evaluación del mechero Manuel en la aplicación de glifosato para el control de maleza conte *Syngonium podophyllum* Schott) en el cultivo de banano (*Musa sapientum* L.) entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala. Tesis para optar al título de Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de agronomía. 23p.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Censo Nacional Agropecuario. 2014. {En línea}. {Consultado el 22 de julio del 2018}. Disponible en:< <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014> >

DEL PUERTO RODRÍGUEZ, ASELA M.; SUÁREZ TAMAYO, SUSANA; PALACIO ESTRADA, DANIEL E. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud, La Habana Cuba. En: Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Vol. 52, núm. 3, (septiembre-diciembre, 2014); p. 372-387 [Citado 31 de Julio del 2018]. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223240764010>>

DE LA VEGA, M. Resistencia de malezas a herbicidas. Revista especial maleza. Revista técnica especial: malezas problema. Universidad Nacional de Tucumán. 2012. Consultado el 09 de mayo de 2017. Disponible en:<https://www.aapresid.org.ar/rem/wpcontent/uploads/sites/3/2013/02/REMSD12_005.pdf >

DE PRADO Y CRUZ. Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas. Departamento de Química Agrícola y Edafología. Universidad de Córdoba, España. 2009. Consultado el 27 de marzo de 2017. Disponible en:<http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/deprador_afaef.pdf >

DEUSE J Y E., LAVABRE. Le Désherbage des Cultures Sous les Tropiques. Traducido y citado por PJ, **TERRY.** Manejo de las malas hierbas en banano y plátano. FAO. Roma, Italia.1996.cap, 16. {En línea}. {Consultado el 21 de febrero del 2017}. Disponible en:<<http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0k.htm#capítulo16>. Manejo de malezas en frutales>

DIEZ, P. 2013. Manejo de Malezas Problema. Modos de acción herbicida. Citado por **Canaza, L.** 2016. Efecto de la aplicación de diferentes herbicidas para el control de malezas, en pre siembra directa de soya (*Glycine max* (L.) merr.), zona este, dpto. De santa cruz. Trabajo de grado Ingeniería agronómica. La Paz -Bolivia. Universidad mayor de San Andrés. Facultad de agronomía. Departamento de Ingeniería Agronómica, 28. 29p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). Manejo de malezas. Manual del instructor. Capítulo 2. FAO, Roma. 1987.

FAO.2017. Situación del mercado del banano. {En línea}. {Consultado 22 Marzo del 2017}. Disponible en: <<http://www.fao.org/3/a-i7410s.pdf> >

FINAGRO. 2010. El banano en Colombia. Citado por **Muriel, F.** Eficiencia de fitohormonas en el desarrollo y productividad del banano en el Urabá antioqueño. Tesis de pregrado. Caldas, Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias.2012. 6-7p.

FISHER, A. Resistencia a herbicidas: mecanismos y mitigación. Revista especial, Maleza. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. 2004. Rosario, Argentina. {En línea}. {Consultado el 3 de julio del 2018}.Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/rem/wpcontent/uploads/sites/3/2013/02/REMSD12_002.pdf>

FRANZ, JE. ; MAO, MK. Y SIKORSKI, JA. 1997. Glyphosate: A Unique Global Pesticide. Traducido y citado por Agüero, R.; Pérez, P. Y Guzmán, M. 1998. Crecimiento y rendimiento del banano (*Musa AAA*) bajo ciclos consecutivos de aspersión con glifosato. Consultado el 1 de Agosto del 2018. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n02_105.pdf >

GILMAN E. *Syngonium podophyllum*. Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 1999. Consultado el 22 de marzo de 2017. Disponible en: <http://hort.ifas.ufl.edu/database/documents/pdf/shrub_fact_sheets/synpoda.pdf >

HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. {En línea}. {Consultado el 1 de Agosto del 2018}. Disponible en: <www.weedscience.com>

HERBICIDE HANDBOOK COMMITTEE. 1994. Weed Science Society of America. 7th. ed. Champaign, USA.

JIMÉNEZ, M; RODRÍGUEZ, A; SALAS, S; RETANA, A. 2016. Descripción ultra estructural de la hoja de tres especies de aráceas (Araceae) con características hidrofóbicas. Revista acta microscópica. Vol. 25, N° 2, pag. 90-97. Consultado el 26 de agosto de 2018. Disponible en: <<https://www.researchgate.net/publication/304499143/download> >

LABRADA R. Y PARKER C. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. FAO. Roma, Italia. 1999. Consultado el 19 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/wm/weeds.pdf>

LABRADA R. Y PARKER C. Control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO. Roma, Italia. 1994. Consultado el 20 de febrero del 2017. Disponible en: <<http://m.mekonginfo.org/assets/midocs/0002124-farming-weed-management-for-developing-countries.pdf>>

LIEBMAN, M. Y DAVIS, A.S. 2000. Integración del manejo de suelos, cultivos y malezas en sistemas agrícolas de bajos insumos externos. *Weed Res.* 40: 27-47. Consultado el 20 de febrero del 2017. Disponible en: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.519.289&rep=rep1&type=pdf> >

MORENO, J.C, BLANCO.R, MENDOZA. Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano en la región del Magdalena “Reducción del escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe”.2009. Citado por **QUINTERO, I. Y CARBÓNÓ, E.** Panorama del manejo de malezas en cultivo de banano en el departamento de Magdalena, Colombia. En: Revista colombiana de ciencias hortícolas. Julio-Diciembre, 2015.vol.9, no.2, p 332. [Citado el 21 de febrero del 2017] Disponible en: :< Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.4188> >

NANDULA, V.; REDDY, K.; POSTON, D.; RIMANDO, A. Y DUKE, S. 2008. Glyphosate tolerance mechanism in italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) from Mississippi. *Weed Science* 56:344-349.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Manejo de malezas. Manual del instructor. Capítulo 2. FAO, Roma. 1987.

PAPA, J. Elementos fundamentales para el buen uso de fitoterápicos: El modo de acción de los herbicidas. Sociedad rural de Tucumán. 2007. Consultado 27 de marzo de 2017. Disponible en: <[http://agroconsultasonline.com.ar/documento.html/EI%20modo%20de%20acci%F3n%20de%20los%20herbicidas%20\(2007\).pdf?op=d&documento_id=301](http://agroconsultasonline.com.ar/documento.html/EI%20modo%20de%20acci%F3n%20de%20los%20herbicidas%20(2007).pdf?op=d&documento_id=301) >

PAPA, J; FELIZA, J. Y ESTEBAN, A. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. 2004. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}. Disponible en:<<http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2014/03/MALEZAS-TOLERANTES-y-RESISTENTES-A-HERBICIDAS.pdf> >

PATTERSON, D.T. 1985. Comparative ecophysiology of weeds and crops, Pages 102-124 in S. Duke, ed, Weed physiology, Vol. I. Reproduction and ecophysiology , CRC Press, Florida.

PINILLA, C Y GARCIA, J.2002.Manejo integrado de arvenses en plantaciones de banano (*Musa AAA*).pp. 225-235.En: Memoria xv Reunión Asociación de bananero de Colombia, Augura, Cartagena, Colombia.

POWLE S.B., PRESTON C.2006.Evolved Glyphosate Resistance in Plants: Biochemical and Genetic Basis of Resistance Weed Technology. Traducido y citado por **TABERNER, ANDREU**. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas 100 pregunta sobre resistencia. FAO. Roma, Italia.2007. Consultado el 24 de febrero del 2017.Disponible en:<<http://www.fao.org/3/a-a1422s.pdf>>

POWLES, S. 2008. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. Pest Manag Sci 64:360-365. Traducido y citado por **CARBONE, A.** Caracterización morfo-anatómica de dos poblaciones de *Gomphrena perennis* L. y su posible relación con la sensibilidad al herbicida glifosato. Tesis de maestría Argentina: Universidad Nacional de La Plata 2015. 6-7p.

RADOSEVICH, S. 1997. "Weed Ecology and Ethics." Weed Science, vol. 46, no. 6, pp. 642–646. JSTOR. Consultado el 16 de febrero de 2017. Disponible en: <www.jstor.org/stable/4045913>

RIOS, A. Resistencia de Malezas a Herbicidas. INIA, La Estanzuela. Sociedad rural de Rio Negro. Montevideo. 2005. Consultado el 15 de febrero de 2017. Disponible en: <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/ad/2005/ad_408.pdf>

ROJAS GARCIDUEÑAS, M; GÁMEZ GONZÁLEZ, H. Herbicidas de origen natural. Revista ciencia. UANL. Nuevo León México. 2002. Consultado el 15 de febrero de 2017. Disponible en: <<http://www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/herbinat.pdf>>

RODRÍGUEZ, M; ROJAS, M. 2015. Análisis de la producción y comercialización del banano, su aceptación y evolución frente al Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea. Universidad Del Rosario. Bogotá D.C. Consultado el 22 de Marzo de 2017. Disponible en: <<http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/11337/1019069686-2015.pdf>>

SALAZAR LÓPEZ, N; ALDANA MADRID, M. Herbicida glifosato: Usos, toxicidad y regulación. Revista de ciencias biológicas y de la salud. Universidad de Sonora, México. 2011. Consultado el 17 de mayo de 2017. Disponible en: <<http://www.biocetecnia.uson.mx/revistas/articulos/16-BIO-11-DPA-04.pdf>>

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, S.E.; FUERST, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. Weed technology, v.9, p.218-224, 1995. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/261098625_Loglogistic_analysis_of_herbicide_dose-response_relationships>

SCHREIBER, L.; KIRSCH, T. Y RIEDERER, M. 1996. Propiedades de transporte de ceras cuticulares de *Fagus sylvatica* L. y *Picea abies* (L.) Karst: estimación de la selectividad de tamaño y tortuosidad a partir de los coeficientes de difusión de las moléculas alifáticas. *Planta* 198:104-109.

SHANER, D. 2014. Lessons learned from the history of herbicide resistance. Traducido y citado por **QUINTERO, I. Y CARBONÓ, E.** Panorama del manejo de malezas en cultivo de banano en el departamento de Magdalena, Colombia. En: Revista colombiana de ciencias hortícolas. Julio-Diciembre, 2015.vol.9, no.2, p 332. >. [Citado el 24 de febrero del 2017]. Disponible en: < Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.4188>>

SHANER, D.L.; VESTRA, P.; NISSEN, S. AMADS Increases the Efficacy of Glyphosate Formulations on Corn. 2006. Consultado el 12 de febrero de 2017. Disponible en: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/WT-04-332R3.1?journalCode=wete>>

SIMMONDS. Bananas, citado por **PJ, TERRY**. Manejo de las malas hierbas en banano y plátano. FAO. Roma, Italia.1996.cap, 16. Consultado el 21 de febrero del 2017.Disponible en: [http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0k.htm#capítulo 16. Manejo de malezas en frutales](http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0k.htm#capítulo%2016.%20Manejo%20de%20malezas%20en%20frutales) >

SIPOS, M; TRIF, A. Anatomy of the vegetative organs at *Syngonium podophyllum* Schott. University of Oradea, Faculty of Science, Department of Biology, Oradea, Romania.2009. {En línea}. {Consultado el 28 de Septiembre del 2018}. Disponible en:<[https://www.researchgate.net/publication/40423785 Anatomy of the vegetative organs at Syngonium podophyllum Schott](https://www.researchgate.net/publication/40423785_Anatomy_of_the_vegetative_organs_at_Syngonium_podophyllum_Schott) >

SOTORES, J. Y PETERSON, M. 2018. Monitoring and Mitigation of Herbicide Resistance: Global Herbicide Resistance Committee (HRAC) Perspectives. {En línea}. {Consultado el 1 de agosto de 2018}. Disponible en <<https://www.hracglobal.com> >

STREIBIG, J. 1988. Herbicide bioassay. Weed Research. 28, 479-484. {En línea}. {Consultado el 13 de Agosto del 2018}.Disponible en: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3180.1988.tb00831.x/abstract> >

STREIBIG, J. C. 1993. Herbicide bioassays. Boca Raton: CRC Press. 270 p.

TABERNER, ANDREU. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas 100 pregunta sobre resistencia. FAO. Roma, Italia.2007. {En línea}. {Consultado el 24 de febrero de 2017}.Disponible en:< <http://www.fao.org/3/a-a1422s.pdf>>

TERRY, PJ. Manejo de malezas en frutales. En: Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. Cap 16. FAO. Roma, Italia.1996. {En línea}. {Consultado el 21 de febrero de 2017}. Disponible en: <[http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0k.htm#capítulo 16. manejo de malezas en frutales](http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0k.htm#capítulo%2016.%20manejo%20de%20malezas%20en%20frutales) >

TUESCA, D. Resistencia de malezas a herbicidas. Facultad de Ciencias Agrarias y Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario.2010. {En línea}. {Consultado el 26 de agosto de 2018}. Disponible en:<<http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/06/Factores-que-determinan-la-tasa-de-evoluci%C3%B3n-de-la-resistencia.pdf>>

VALVERDE, B. Bionalisis en la ciencia de las malezas: conceptos importantes y experiencia práctica. Ed. especial. Venezuela: SOVECOM, 2009. P 53-54 (P.P 81-0227).

VALVERDER, B.; RICHES, C.Y CASELEY, J. 2000. Prevención y manejo de la resistente a herbicidas en arroz: experiencia en América Central con *Echinochloa colona*. Cámara de Insumo Agropecuario. Primera edición. San José. Costa Rica.p, 40-45.

VILLALBA, A. Resistencia a herbicidas, Glifosato. Área de Diversidad Vegetal, Departamento de Ciencias Naturales, Facultad de Humanidades y Ciencias, UNL. Santa Fe, Argentina. 2009. Consultado el 27 de marzo de 2017. Disponible en: <<http://www.scielo.org.ar/pdf/cdyt/n39/n39a10.pdf>>