

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE UN HERBICIDA A BASE DE EUGENOL EN UNA  
PLANTACIÓN DE PIÑA (*Ananas comosus* var. *comosus* cv.  
MD2) BAJO UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO EN  
GUATUSO, ALAJUELA, COSTA RICA**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía  
como requisito parcial para optar al grado de  
LICENCIATURA en INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

**JOSE PABLO MENA BARRANTES**

**San Carlos, 2022**



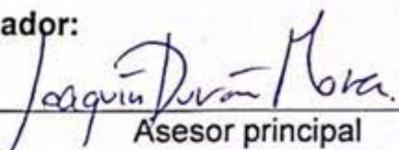
Carrera de Ingeniería en  
Agronomía  
Tecnológico de Costa Rica  
Sede Regional San Carlos

EFFECTO DE UN HERBICIDA A BASE DE EUGENOL EN UNA  
PLANTACIÓN DE PIÑA (*Ananas comosus* var. *comosus* cv.  
MD2) BAJO UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO EN  
GUATUSO, ALAJUELA, COSTA RICA

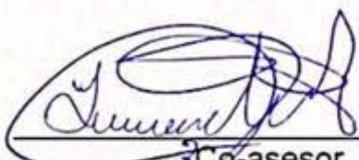
JOSE PABLO MENA BARRANTES

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

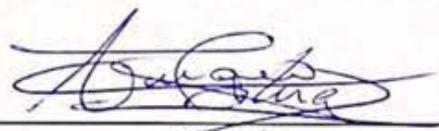
Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, Ph.D.

  
Asesor principal

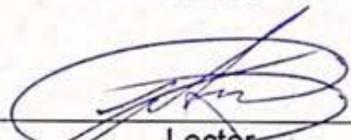
Ing. Agr. Leonard Quesada Arias, Lic.

  
Co-asesor

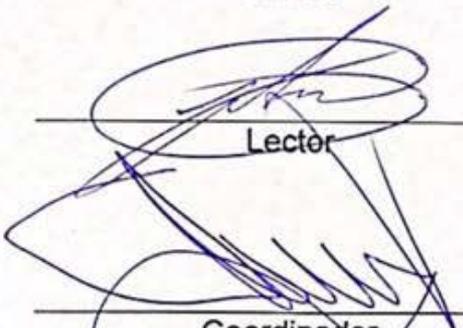
Ing. Agr. Sergio Torres Portugués, MSc.

  
Jurado

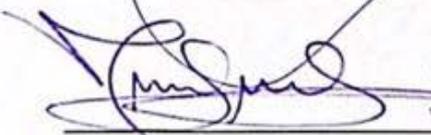
Ing. Agr. Joan Manuel Rojas Ramírez, Lic.

  
Lector

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, Ph.D.

  
Coordinador  
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Milton Villareal Castro, Ph.D.

  
Director  
Escuela de Agronomía

## **CONTRIBUYENTES Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Agradecer a Luis Carlos González y Rigoberto Cedeño por la oportunidad y atención brindada para realizar el proyecto final de graduación en la empresa GOSO ORGÁNICO S.A. dedicada a la producción orgánica de piña.

De parte de la empresa Bio Control por brindarnos la oportunidad y cedernos el producto Weed Slayer para realizar el ensayo, agradecimiento a Leonard Quesada quien nos brindó el apoyo técnico.

Agradecimiento enorme a mi padre Enrique Mena por facilitarme los medios para desplazarme y cubrir los gastos durante todo el ensayo.

## **DEDICATORIA**

Especialmente a mi querido abuelo Fray Jesús Mena Navarro, quien siempre me enseñó junto con mi padre Enrique Mena Guzmán a trabajar fuerte por lo que uno quiere, ser personas de bien y poner todo en manos de Dios. Algún día quiero llegar a ser como ellos y son los principales pilares en mi formación personal y profesional.

A mi madre Rocío Barrantes Salas y hermana Paula Mena Barrantes quienes siempre han estado apoyándome. A Lorelly Araya López quien también es de las personas más importantes para mí y ha estado presente a lo largo de este proceso de universidad y trabajo.

A mi familia en general. Abuelas, tíos, tías, primos y primas que siempre me han apoyado y me han deseado lo mejor.

A mis amigos y amigas que se volvieron como hermanos durante los años de universidad y que pasamos momentos buenos y malos en este tiempo.

## **NOMENCLATURA**

CAM Metabolismo ácido de las crasuláceas

CIC Capacidad de intercambio catiónico

MO Materia orgánica

FN Floración natural

## TABLA DE CONTENIDOS

Página

<b>CONTRIBUYENTES Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>NOMENCLATURA.....</b>	<b>IV</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	14
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	16
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5 HIPÓTESIS.....	17
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1 Producción de piña .....	18
2.2 Generalidades del cultivo de piña.....	20
2.2.1 Clasificación taxonómica .....	20

2.2.2	Morfología de la planta .....	20
2.3	Características del híbrido MD2 o PRI 73-114.....	24
2.4	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo .....	25
2.4.1	Temperatura .....	25
2.4.2	Precipitación .....	25
2.4.3	Luminosidad .....	26
2.4.4	Viento .....	26
2.4.5	Suelo .....	27
2.5	Importancia del control de malezas .....	27
2.6	Métodos control de malezas en piña .....	28
2.7	Eugenol y sus propiedades herbicidas .....	28
2.8	Weed Slayer®.....	29
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
3.1	Descripción del sitio de estudio.....	30
3.2	Material experimental.....	31
3.3	Área y unidad experimental .....	31
3.4	Descripción de los tratamientos .....	32
3.5	Modo de aplicación de los tratamientos.....	33
3.6	Variables de respuesta .....	34
3.7	Variables biométricas.....	37
3.8	Análisis estadístico .....	38
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
4.1	Diversidad de malezas en la plantación.....	40
4.2	Efecto del ácido cítrico en las aplicaciones.....	41
4.3	Efecto de las dosis .....	42
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>

<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	52
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	53
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b> .....	54
<b>9. ANEXOS</b> .....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Tratamientos para la evaluación del herbicida a base de Eugenol en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. ....	33
<b>Cuadro 2.</b> Variables de respuesta para la evaluación del herbicida a base de Eugenol en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. ....	35
<b>Cuadro 3.</b> Evaluación de cobertura de malezas en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica...	36
<b>Cuadro 4.</b> Sistema de evaluación visual de control de malezas en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. ....	36
<b>Cuadro 5.</b> Escala para la evaluación de fitotoxicidad en maleza dominante y planta de piña por efecto del herbicida a base de Eugenol en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. ....	37
<b>Cuadro 6.</b> Clasificación y rango de peso para el estimar el peso planta de un bloque de piña. ....	38
<b>Cuadro 7.</b> Malezas encontradas dentro de las áreas de muestreo de acuerdo con la clase, familia, género y nombre común en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. ....	40
<b>Cuadro 8.</b> Comparación de estimaciones (media±EE) de peso planta (lb) de acuerdo con los tamaños de las plantas observados por cada una de las dosis 7,5, y 10 cc por L y el tratamiento testigo en una plantación de piña orgánica en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. ....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Producción y área sembrada de piña de 1990 a 2012. Tomado de: Lobo y Siddiq (2016). 19
- Figura 2.** Fenotipos de margen de hoja liso en piña. (a) Tuberías (cv. 'Manzana'). El inserto muestra un pliegue en el margen de la hoja que está presente en algunas variedades. (b) Suave (var. erectifolious). (c) Punta espinosa (cv. Smooth Cayenne). (d) Papel de lija, una expresión incompleta del gen de la tubería, con espinas atrofiadas, bastante invisibles, que se muestran a gran aumento. Tomado de: Sanewski et al. (2018). 22
- Figura 3.** Inflorescencia, flor y fruto de piña. Las flores moradas pequeñas abiertas en la base de la inflorescencia. La fruta es compuesta por frutícolos fusionados y la piel de los sépalos parcialmente cubierta por brácteas. Tomado de: Paull y Duarte 2011. 24
- Figura 4.** Bloque 233 utilizado para el establecimiento del ensayo, Finca Guatuso, San Rafael, Guatuso, 2020. 30
- Figura 5.** División del bloque 233 del lote H en finca Guatuso de la empresa GOSO ORGÁNICO S.A. para la distribución aleatoria de los tratamientos del ensayo, San Rafael, Guatuso, 2020. 32
- Figura 6.** Proceso de calibración del equipo previo a la aplicación de los tratamientos (A). Motobomba Husqvarna 325S25 y otros insumos requeridos para realizar la respectiva preparación de las disoluciones y aplicación de los tratamientos (B). Brazo de aplicación de 5 metros utilizado para la aplicación de cada una de las parcelas (C). Boquilla XR TEEJET 8008VK utilizadas para la aplicación de los tratamientos (D). 34
- Figura 7.** Efecto de la aplicación de ácido cítrico y la no aplicación de este sobre la incidencia de un índice de control de malezas para la escala 2 = regular (A) y la fitotoxicidad sobre la piña para una escala de 3 = marcada (B), en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. 42
- Figura 8.** Porcentaje de incidencia de índice de control de malezas para la escala 2 = bueno, en el cultivo de piña orgánica bajo la dosis de 7,5 y 10 cc por L en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. 42

**Figura 9.** Porcentaje de incidencia de cobertura de cama y drenaje para la escala 0 = desnudo para las dosis (7,5 y 10 cc por L), en el cultivo de piña orgánica en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. 43

**Figura 10.** Porcentaje incidencia de fitotoxicidad sobre maleza dominante para la escala 2 = leve, en el cultivo de piña orgánica bajo la dosis de 7,5 y 10 cc por L en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. 44

**Figura 11.** Porcentaje de incidencia de fitotoxicidad de la escala 3 = Marcado, bajo la dosis de 7,5 cc por L y una escala de 4 = Muy marcado para la dosis de 10 cc por L en el cultivo de piña orgánica en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. 45

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Confirmación de autorización del uso del producto Weed Slayer® para la agricultura ecológica. ....	64
<b>Anexo 2.</b> Etiqueta del herbicida Weed Slayer® distribuido por Agro Research Internacional S.A.S.....	65
<b>Anexo 3.</b> Variables biométricas (media±EE) de largo de la hoja punto medio, ancho y espesor medidos a los 0, 14, 28 y 42 días en la hoja D de la planta después de aplicar el herbicida en las distintas dosis, en una plantación de piña orgánica en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. ....	66

## RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la finca Guatuso de la empresa GOSO ORGÁNICO S.A., ubicada en Santa Fe, San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del herbicida a base de eugenol en un sistema de producción orgánico de piña (*Ananas comosus* var. *comosus* cv. MD2). El periodo de estudio fue entre los meses de noviembre del 2020 y enero del 2021. Se evaluaron un total de 9 tratamientos, constituidos por las dosis de 2,5, 5, 7,5 y 10 cc por L de Weed Slayer®, así como la adición y la ausencia de ácido cítrico en cada una de estas dosis, además de un testigo absoluto. Cada uno de los tratamientos tuvo 5 repeticiones, para un total de 45 bloques. La aplicación de los tratamientos se realizó en el mes de noviembre del año 2020. Se determinaron las familias de malezas encontradas en el área experimental, se midieron variables visuales de cobertura de cama, cobertura de drenaje, índice de control de malezas, fitotoxicidad sobre maleza dominante, fitotoxicidad sobre la planta de piña. Además, se midieron las variables biométricas de largo de hoja al punto medio, grosor y ancho en la hoja D y se estimó el peso planta por cada bloque. Las familias encontradas dentro de los bloques de muestro fueron Poaceae, Cyperaceae, Acanthaceae, Onagraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Vervenaceae y Solanaceae. No se pudo determinar que la adición de ácido cítrico tuviera un efecto sobre el control de malezas y la fitotoxicidad de la planta. Los tratamientos con dosis de 7,5 y 10 cc por L, presentaron los índices de control más altos para la categoría 3 (“Bueno”), sin embargo, presentaron también las categorías de fitotoxicidad en piña más altas (3 y 4 respectivamente). No se encontraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en el crecimiento de la hoja D en el tiempo bajo las diferentes dosis (2,5, 5, 7,5 y 10 cc por L). Las dosis del herbicida a base de eugenol si influyeron sobre la estimación del peso de la planta ( $p<0,05$ ), ya que el testigo absoluto (T9) fue el que presentó el valor más alto.

**Palabras clave:** Piña, herbicida, maleza, eugenol, fitotoxicidad

## ABSTRACT

The present study was carried out at the Guatuso farm of the GOSO ORGÁNICO S.A. company, located in Santa Fe, San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. The objective of the research was to evaluate the effect of eugenol-based herbicide in an organic pineapple production system (*Ananas comosus* var. *comosus* cv. MD2). The study period was from November 2020 to January 2021. A total of 9 treatments were evaluated, which were the doses of 2,5, 5, 7,5 and 10 cc per-L of Weed Slayer® and the addition or not of citric acid, in addition to an absolute control. Each of the treatments had 5 repetitions for each one for a total of 45 blocks. The application of the different treatments was carried out on November 27, 2020. The response variables were the diversity of weed families found within the sampling blocks, visual variables of bed cover, drainage coverage, weed control index, phytotoxicity on dominant weeds, phytotoxicity on the pineapple. In addition, the biometric variables of leaf length at the midpoint, thickness and width in leaf D were measured and the plant weight was estimated for each block. The families found within the sampling blocks were Poaceae, Cyperaceae, Acanthaceae, Onagraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Vervenaceae and Solanaceae. It could not be determined that the addition of citric acid had an effect on weed control and plant phytotoxicity. Treatments 7.5 and 10 cc per-L presented the highest control rates for category 3 (“Good”), however, also the highest phytotoxicity categories in pineapple (3 and 4 respectively). No significant differences ( $p>0.05$ ) were found in the growth of leaf D over time under the different doses (2,5, 5, 7,5 and 10 cc per-L). The doses of the eugenol-based herbicide did influence the estimation of the weight of the plant ( $p<0.05$ ), since the absolute control (T9) was the one that presented a higher estimate.

**Key words:** Pinapple, herbicide, weed, eugenol, phytotoxicity

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

En Costa Rica el sector agropecuario ha mejorado y diversificado la estructura productiva, de comercialización y exportación, fortaleciendo así la condición socioeconómica a nivel nacional (Valverde *et al.* 2018). La calidad de los productos agropecuarios costarricenses crece día con día, logrando llegar a las mesas de millones de consumidores en el mundo. Evidencia de esto es que en la actualidad se posiciona al país como el principal productor y exportador de piña fresca a nivel mundial (CANAPEP 2016).

Las plantaciones comerciales de piña (*Ananas comusus* L.) iniciaron en Centroamérica con la variedad Cayenne lisse únicamente para el consumo local. Para el año 1960 se dieron las primeras exportaciones a ciertos mercados europeos y norteamericanos. Sin embargo, no fue hasta el año 1977 que en el sur de Costa Rica se consolida la empresa Del Monte e impulsa el desarrollo de este cultivo en el país de forma intensiva. En la actualidad el material más utilizado a nivel comercial es la variedad MD2, creada por el Instituto de Investigación en Piña (PRI), la cual es derivada de un híbrido entre 58-1184 x 59-443 (Garita 2014).

En el país, al igual que en el resto del mundo, es prohibido comercializar productos agrícolas etiquetados como orgánicos si no están certificados. Los antecedentes de agricultura orgánica se remontan a los años ochenta donde se logran establecer contactos en los mercados de Estados Unidos y Europa. López y Mora (2018) reportan que la producción de piña orgánica ha tenido un aumento en la cantidad de hectáreas certificadas, pasando de 948 Ha en el 2011 a 1282 Ha en el 2014. Con respecto a la exportación de piña mencionan que según el portal estadístico de comercio exterior de PROCOMER, para el año 2016 se exportaron 11234 toneladas de piña orgánica. Estados Unidos es el principal comprador de este producto seguido por Bélgica y Holanda.

Las plantaciones orgánicas de piña causan un impacto ambiental y social menor en comparación con las convencionales. Estas últimas generan deterioro en los ecosistemas debido al uso de agroquímicos en las diferentes labores. Un ejemplo de esto es el uso de herbicidas para el control de malezas, lo cual no se da en producción orgánica. En lugar de eso utilizan plástico como cobertura de suelo, el cual debe tener un grosor mínimo de 1,3 milésimas de pulgada (Picado 2010). A pesar de esto el plástico tiene una vida útil limitada por lo que una vez que se cumple se genera desechos sólidos que contaminan, por este motivo es conveniente buscar nuevas alternativas para el control de malezas.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Montiel (2015) menciona que en Costa Rica se han venido generando una serie de impactos ambientales negativos debido a la producción acelerada de piña ante la gran demanda en el mercado. Entre los mayores impactos y preocupaciones que se tiene con la actividad piñera está la contaminación de diferentes cuerpos de agua por el uso indiscriminado de agroquímicos, entre ellos gran parte son utilizados en el control de malezas.

En la producción orgánica de piña no se permite el uso de herbicidas sintéticos, por lo que el control de malezas varía considerablemente de acuerdo con el manejo convencional. Entre las prácticas de manejo se encuentra la cobertura plástica mencionada anteriormente, donde es cubierta toda el área de producción y se evita que la luz pase a través de ella. Los posibles escapes de maleza que se pueden dar posteriormente son arrancadas a mano, lo cual es una labor con un costo económico muy alto y también puede causar daños en el cultivo (Brenes y Agüero 2007). Por esta razón los autores mencionan la necesidad de desarrollar alternativas de manejo para el control de malezas en estos sistemas productivos.

Entre las alternativas para reducir los impactos ambientales se encuentra el diferir en el tipo y la cantidad de productos que son aplicados para el control de malezas, resultando una producción más sustentable. Según Maglianesi (2013), en los cultivos orgánicos se utilizan productos con menor grado de toxicidad que en

producción convencional y se aplican de forma periódica para controlar, además de mejorar la fertilidad del suelo y el equilibrio ecológico.

En Costa Rica, hay poca investigación sobre el uso de productos orgánicos para el control de malezas en los cultivos, sin embargo, en otros países si han investigado e incursionado en la elaboración de dichos productos. Gared (2019) menciona que, en Estados Unidos, específicamente Dakota del Sur, muchos propietarios no quieren usar herbicidas inorgánicos debido a sus posibles efectos negativos sobre la salud y el ambiente. Además, menciona una lista de ingrediente activos entre los cuales se encuentran Ácido acético, Ácido cítrico, Eugenol, entre otros. Este último es usado como base del herbicida llamado comercialmente Weed Slayer® de la compañía Agro Research International.

Weed Slayer® es un herbicida orgánico certificado y reconocido por CDFA. Es no selectivo o de amplio espectro y es a base de Eugenol (aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*)) y un bio surfactante natural de propiedad intelectual. En muchos países está siendo utilizado como una buena alternativa para reducir la contaminación e impactos negativos generados por los herbicidas tradicionales sintéticos y además está mostrando buenos resultados en diferentes cultivos. Por este motivo y al no tener mucha información generada con este tipo de productos en el país, se genera la inquietud y el interés de llevar a cabo una investigación para probar la eficacia que pueda tener el producto sobre el control de malezas en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del herbicida a base de eugenol en un sistema de producción orgánico de piña (*Ananas comosus* var. *comosus* cv. MD2) en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

#### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar los diferentes tipos de malezas presentes en el sistema de producción orgánico de piña (*Ananas comosus* var. *comosus* cv. MD2).
2. Analizar el efecto del ácido cítrico en las disoluciones y su relación con la efectividad del herbicida a base de eugenol en el sistema de producción orgánico de piña.
3. Analizar el efecto de diferentes dosis del herbicida a base de eugenol sobre las malezas presentes en el sistema de producción orgánico de piña.
4. Estimar la fitotoxicidad sobre plantas de piña producida por el herbicida a base de eugenol en el sistema de producción orgánico.

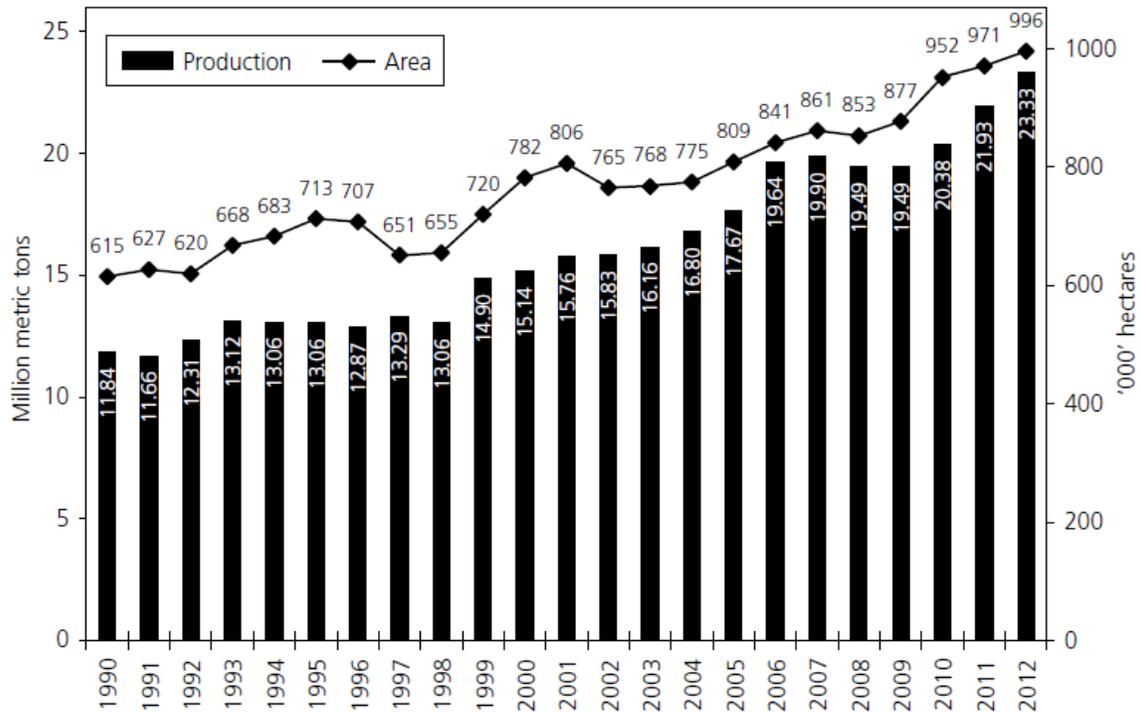
#### **1.5 HIPÓTESIS**

El uso del herbicida a base de eugenol es efectivo para el control de malezas en un sistema de producción orgánico de piña.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Producción de piña

La piña es uno de los cultivos tropicales con mayor importancia a nivel mundial y en Costa Rica se posiciona como uno de los más importantes en lo que se refiere a exportaciones (Montiel 2015), especialmente en países con climas tropicales y subtropicales (Ebel *et al.* 2016), otros países aparte de Costa Rica con grandes producciones de piña para exportación a nivel mundial son Brasil, Tailandia, China y Filipinas (FAO 2019). Es la tercera fruta tropical con mayor producción fresca a nivel mundial, solo detrás de los cítricos y el banano (Adegbite *et al.* 2014). Sin embargo, no fue hasta la década de los años 70 que se inició a cultivar a gran escala en América latina (Garita 2014). En el caso de Costa Rica en el año 2020 presento ingresos que superaron los 880 millones de dólares producto de la exportación de piña fresca, principalmente enviada a Norteamérica (CANAPEP 2020). En el país el cultivo ha estado presente por un periodo de más de 50 años, sin embargo, con la introducción del híbrido MD-2 a inicios del año 2000 el área de siembra aumento considerablemente de 11000 a 45000 ha, dado la creciente demanda de fruta a nivel mundial (PROCOMER 2020). Actualmente el país cuenta con una extensión total de siembra cercana a las 40000 ha, distribuidas en tres regiones; la Huetar Norte que abarca con un 49%, el sigue la Huetar Atlántica con un 29% y finalmente el Pacifico con un 22%. (CANAPEP 2020). En la Figura 1 se puede observar el comportamiento creciente de la producción y el área de siembra del cultivo de piña a nivel mundial desde los años 90 hasta el 2012 (Lobo y Siddiq 2016).



**Figura 1.** Producción y área sembrada de piña de 1990 a 2012. Tomado de: Lobo y Siddiq (2016).

En Costa Rica dado que la producción de fruta es muy grande y es intensiva con el paso de los años han surgidos ciertas dudas relacionadas con el impacto que tiene el constante uso de plaguicidas, el uso del agua, la contaminación, la pérdida de bosques y la afectación del suelo a causa de la erosión (Ingwersen 2012). Uno de los principales retos que se ha planteado en la producción piñera es la de lograr una forma de producir más amigable con el ambiente y el consumidor. Una de las posibles respuestas puede ser la producción orgánica, la cual tiene en cuenta la conservación de los recursos naturales, manejar adecuadamente la fertilidad del suelo y la conservación de la agrobiodiversidad en los sistemas. Además de esto significa no usar productos químicos sintéticos, antibióticos, etc. En Costa Rica actualmente se produce piña orgánica y es por el motivo de que los productores y consumidores están preocupados por el medio ambiente y por consumir alimentos de calidad. Uno de los principales desafíos en la agricultura orgánica es poder encontrar alternativas nuevas para los plaguicidas y herbicidas (Sanewski et al.

2018). Aunado a ello, la producción orgánica tiene la ventaja que la fruta una vez llega a mercado puede valer de 2 a 3 veces más que una originada de la producción convencional (Maglianesi 2013).

## **2.2 Generalidades del cultivo de piña**

### **2.2.1 Clasificación taxonómica**

La piña es originaria del sur del continente americano, específicamente de Brasil (Garita 2014), aunque también se menciona Colombia, Guyana y Venezuela (Paull y Duarte 2011). La piña es una planta herbácea monocotiledónea (Sanewski *et al.* 2018), la misma es clasificada dentro de la familia Bromeliaceae (Jiménez 1999), en la cual se conocen un total de 45 géneros y 2000 especies aproximadamente (Paull y Duarte 2011), es la única especie de la familia Bromeliaceae que se cultiva comercialmente a gran escala (Lobo y Siddiq 2016). Según Garita (2014), su clasificación completa es Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Lilliosida, Orden: Bromeliales, Familia: Bromeliaceae, Género: *Ananas*, Especie: *comusus*. Sin embargo, a nivel comercial la variante *comusus* es la que ha sido utilizada (Butcher y Gouda 2014). Los criterios para la diferenciación entre los diferentes fenotipos pueden ser por el número de espinas que presente la hoja de la planta, el aspecto que tenga el fruto y características relacionadas con la inflorescencia de la planta (Loison-Cabot 1992).

### **2.2.2 Morfología de la planta**

La planta dentro de las características propias de la familia de las bromelias presenta una distribución de sus hojas en forma de roseta, la habilidad de absorber los nutrientes y el agua por sus hojas cerosas, una vía fotosintética por el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) y una adaptación de los estomas que le permiten evitar la evapotranspiración (Sanewski *et al.* 2018). Particularmente el metabolismo CAM permite que la planta sea más eficiente en cuanto a la necesidad de agua, permitiendo el desarrollo del cultivo en lugares con poca disponibilidad de la misma, ya que la apertura estomática por parte de la planta se da durante la noche, lo cual permite un uso más eficiente del agua (Xu *et al.* 2018; Williams *et al.*

2017). La planta como tal puede crecer hasta un metro de altura promedio (Pérez 2010), puede presentar dos cosechas durante su vida útil, sin embargo, en la segunda el calibre del fruto disminuye con respecto a la primera (Garita 2014). La planta se reproduce de forma asexual por medio de material vegetativo, ya sea la corona o hijos axilares de las hojas (Agogbua y Osuji 2011).

### **2.2.2.1 Raíz**

La raíz de la planta de piña puede profundizar aproximadamente a 60 centímetros del suelo (Garita 2014). Por otro lado, las raíces axilares de la planta surgen del tallo, son de composición fibrosa y no profundizan mucho en el suelo y son las encargadas de la absorción del agua y los nutrientes por parte de la planta, razón por la cual se facilita la fertilización foliar en las plantaciones comerciales (Paull y Duarte 2011). Estas raíces tienen un tamaño que va desde los 0 a 30 cm de largo dependiendo de la composición del suelo (Paull y Duarte 2011; Reinhardt *et al.* 2018).

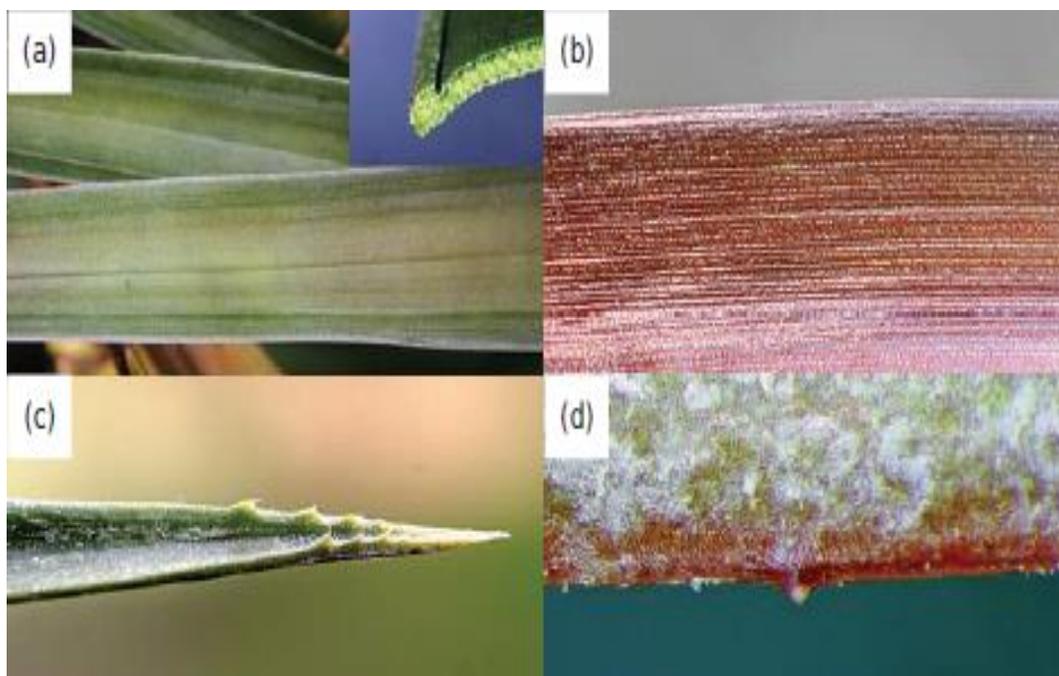
### **2.2.2.2 Tallo**

En el tallo de la planta se encuentran yemas en latencia, las cuales dan origen a hijos que posteriormente son los que se utilizan para la reproducción de la planta de forma asexual (Garita 2014). El tallo de la planta de piña oscila entre los 30-35 cm de largo y su grosor puede llegar a hasta los 8 cm justo debajo del ápice (Paull y Duarte 2011). Esto es relevante debido a que el tipo de hijo y el peso de este a la hora de realizar la siembra condicionan las características de la fruta, específicamente las relacionadas con la calidad de la piña (Fassinou Hotegni *et al.* 2015).

### **2.2.2.3 Hoja**

Las hojas en la planta de piña presentan una disposición en forma espiral alrededor del tallo, durante todo su ciclo de vida se producen de 70 a 80 hojas (Garita 2014), sin embargo, el número de hojas puede variar dependiendo del cultivar que se siembre (Sanewski *et al.* 2018). La particularidad de la distribución de las hojas en la piña y la disposición de las mismas hacia arriba permite evitar el sobrecalentamiento, ayuda la captación de agua y mejora el aireamiento de la planta

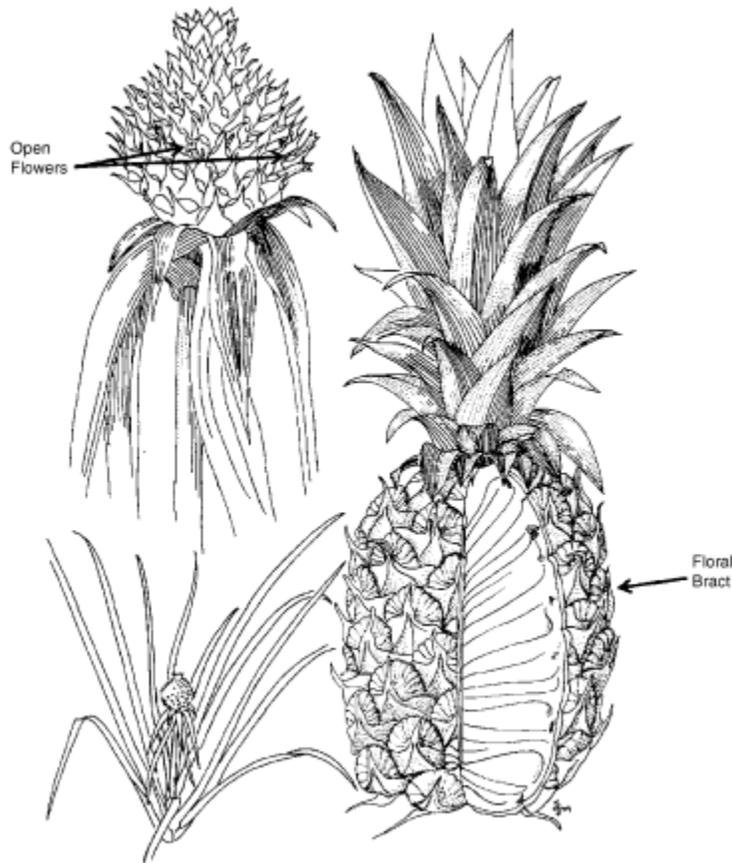
(Pérez 2010). Las hojas de la planta son de diferente tamaño y son categorizadas de acuerdo con el mismo como A, B, C, D, E y F (Garita 2014). La hoja D es la más importante ya que se considera la hoja nueva más madura y la más fotosintéticamente activa, razón por la cual es la que se utiliza para realizar los muestreos para diagnosticar el estado nutricional y el crecimiento de la planta durante el crecimiento vegetativo (Sinha *et al.* 2018; Ebel *et al.* 2016). En la Figura 2, se pueden observar algunas características propias de la hoja de piña como es el caso del margen de la hoja espinoso que puede variar si la planta está bajo o estrés o no, coloración del envés de la hoja que es propia de la variedad, así como también el ancho y largo de la hoja (Sanewski *et al.* 2018). Asimismo, la presencia de espinas en la hoja de piña es una característica que sirve para la identificación y diferenciación de variedades (Adje *et al.* 2019).



**Figura 2.** Fenotipos de margen de hoja liso en piña. (a) Tuberías (cv. 'Manzana'). El inserto muestra un pliegue en el margen de la hoja que está presente en algunas variedades. (b) Suave (var. erectifolius). (c) Punta espinosa (cv. Smooth Cayenne). (d) Papel de lija, una expresión incompleta del gen de la tubería, con espinas atrofiadas, bastante invisibles, que se muestran a gran aumento. Tomado de: Sanewski *et al.* (2018).

#### 2.2.2.4 Floración y fruto

La inflorescencia de piña se origina del meristemo apical de la planta. La inflorescencia está compuesta por un número de alrededor de 50 a 200 flores, dependiendo del cultivar. Las flores están compuestas por tres sépalos, tres pétalos y seis estambres y un óvulo con tres carpelos (Paull y Duarte 2011), son hermafroditas y sésiles (Coppens *et al.* 2011). Uno de los principales signos del inicio de la floración de la planta de piña es un ensanchamiento del meristemo apical que da cabida al comienzo de la elongación del pedúnculo (Paull y Duarte 2011). A partir de la inflorescencia se genera una fruta múltiple (Sanewski *et al.* 2018), producto de la unión de múltiples frutícolos (Bartholomew *et al.* 2018), tal como se observa en la Figura 3. El peso final de la fruta oscila alrededor de 1,5 kilogramos, sin embargo, puede presentar considerables variaciones dependiendo de variables climáticas, la incidencia de enfermedades durante el ciclo de cultivo, el tipo de hijo que se utilizó, el mercado meta y condiciones de manejo propias de la finca (Pérez 2010). Comercialmente la piña se induce artificialmente a floración por un proceso denominado fuerza, con el fin de obtener una floración más homogénea, para ello la planta debe de pesar entre 4.5 a 5 libras y tener entre 8 a 9 meses de edad (Garita 2014). Para esta labor se utilizan el ácido 2-cloroetilfosfónico, el etileno, el ácido fosfónico o el carburo de calcio como agentes que estimulen el cambio en la planta de la fase vegetativa a la fase reproductiva (Bartholomew *et al.* 2018). Con el forzamiento se logra sincronizar las plantas con el fin de que al realizar la cosecha de las frutas estas posean una edad similar, lo cual facilite que el producto final llegue bajo las condiciones ideales de maduración a su destino final (Wang *et al.* 2005; Bartholomew 2014). Sin embargo, la planta de piña en Costa Rica es susceptible a llegar de manera natural a floración debido a las bajas temperaturas específicamente durante los meses de noviembre a enero. Este fenómeno es común ya que la variedad MD-2 es la que se siembra en el país y es altamente susceptible a este (Garita 2014).



**Figura 3.** Inflorescencia, flor y fruto de piña. Las flores moradas pequeñas abiertas en la base de la inflorescencia. La fruta es compuesta por frutícolos fusionados y la piel de los sépalos parcialmente cubierta por brácteas. Tomado de: Paull y Duarte 2011.

### **2.3 Características del híbrido MD2 o PRI 73-114**

A nivel comercial el cultivar que domina el mercado internacional de producción de piña fresca es el híbrido MD-2 (Bartholomew 2014). Costa Rica es uno de los países como mayor producción de este híbrido a nivel mundial (Jimenez 1999; Paull *et al.* 2016; Ingwersen 2012). Principalmente derivado a la resistencia que posee este una vez es cosechado a las temperaturas frías del transporte, esto debido a que en el transcurso de la fruta del campo al consumidor esta se debe refrigerar para mantener su calidad (Delgado-Huertas y Arango-Weisner 2015). Sin embargo, este híbrido es altamente susceptible al fenómeno de floración natural (FN) cuando el fotoperiodo de la planta es inferior a las once horas y media (Leon y

Kellon 2012; Bartholomew 2014). Aunado a ello, también presenta susceptibilidad a la pudre de corazón o raíz causada por *Phytophthora cinnamomi* (Anderson *et al.* 2012) y *Phytophthora nicotianae* (Espinosa-Rodríguez *et al.* 2015). El sabor de la fruta del MD-2 es catalogado excelente ya que es dulce y con poca acidez. Además, es una fruta balanceada entre ácidos-azúcares, tiene una coloración amarillo brillante muy llamativa por lo que ha generado muy buena aceptación en el mercado mundial (Garita 2014; Rodríguez *et al.* 2016). La relación de sólidos solubles totales en la fruta es de 15° a 17° (Espinosa-Rodríguez *et al.* 2015). Sin embargo, la planta MD-2 es menos vigorosa, la conformación de la planta es más pequeña y presenta más susceptibilidad al estrés tanto biótico como abiótico, en relación con otros cultivares (Leon y Kellon 2012)

## **2.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo**

### **2.4.1 Temperatura**

La planta de piña no se puede desarrollar adecuadamente en temperaturas que sean menores a los 21°C y que sean superiores a los 35°C (Garita 2014), siendo la ideal entre los 25 a 32°C (Paull y Duarte 2011). Otras referencias mencionan un rango de entre 21 a 27°C como la temperatura ideal para el cultivo (Carvalho *et al.* 2005). Por su parte, el crecimiento de la planta es inexistente bajo temperaturas extremas, inferiores a los 7°C y superiores a los 40°C (Hepton 2003). Las bajas temperaturas durante la noche en el crecimiento de la piña son relacionadas con el fenómeno de FN (Bartholomew 2014; Garita 2014).

### **2.4.2 Precipitación**

El cultivo de piña se desarrolla bien en rangos de precipitación entre los 1000 a 1500 mm de lluvia con una buena distribución a lo largo del año (Brenes 2005). Aunado a ello Paull y Duarte (2011), mencionan que la planta de piña puede adaptarse a zonas donde las precipitaciones anuales superen los 3000 mm siempre y cuando estén bien distribuidas. La planta no tolera los excesos de agua, razón por la cual una adecuada preparación del suelo previo al establecimiento de la plantación es fundamental (Garita 2014).

### **2.4.3 Luminosidad**

La luminosidad combinada con la temperatura tiene un efecto directo en el rendimiento del cultivo debido a que influye directamente en la acumulación de carbohidratos, tamaño de fruta y la coloración del fruto (Evans *et al.* 2002; Hepton 2003). El efecto de la luminosidad desde que la planta es sembrada hasta la cosecha es muy relevante sobre el peso final de la fruta. Las plantas que reciben poca luz ven su crecimiento afectado, lo que repercute en un bajo peso de la planta a la hora de realizar las labores de fuerza (Paull y Duarte 2011). Las plantaciones de piña son más productivas en zonas con amplia luz solar, siendo lo ideal una alta radiación combinado con temperaturas inferiores a 32° C (Hepton 2003). Se estima que el rendimiento del cultivo puede disminuir hasta en un 20% por cada 10% de reducción en la radiación solar (Malézieux *et al.* 2003; Garita 2014). Los excesos de luz solar pueden producir afectaciones en la fruta, particularmente quemaduras que afectan la calidad de esta. A nivel comercial, una de las técnicas empleadas para evitar este fenómeno consiste en cubrir la fruta con mallas de sarán que den sombra, con fin de proteger la fruta. También está el uso de aplicaciones de sustancias que sirven para reflejar la luz (Paull y Duarte 2011).

### **2.4.4 Viento**

Entre los principales inconvenientes del viento sobre la producción de piña es que este sirve como agente para la diseminación de enfermedades y también cumple la función de vehículo para el traslado de insectos plaga dentro de la plantación (Garita 2014). El viento también es precursor de la creación de heridas por el movimiento que este causa y el constate roce entre plantas que sirven como entrada a patógenos (Cortés 1994). Aunado a ello también es responsable de causar un aumento en la transpiración, deshidratación y el volcamiento de las plantas, ya que su sistema radicular es muy pobre. Como consecuencia del volcamiento de las plantas se obtiene coronas torcidas aumentando el rechazo de fruta a la hora de su llegada a la planta empacadora (MAG 2007).

### **2.4.5 Suelo**

El cultivo de piña requiere de suelos que presenten buen drenaje, con textura arcillo-arenosa, con un buen porcentaje de materia orgánica (MO), bajo en contenido de sales y con pH de entre 5,5 a 6,5. Un valor de pH para arriba de 6,5 produce problemas de fitotoxicidad en la planta (Brenes 2005). Otros autores señalan que el pH ideal para la plantación de piña debe de estar entre los 4,5 a 5,5, ya que este rango disminuye la incidencia de patógenos de suelo que causan daños considerables a las plantaciones (Evans *et al.* 2002; Hepton 2003). Para un adecuado desarrollo del sistema radicular la planta de piña comercialmente se siembra sobre camas con una altura considerable que varía de acuerdo con la densidad de siembra que se establezca y el equipo de preparación de suelo que se tenga a la hora de realizar el establecimiento del cultivo (Sanewski *et al.* 2018). Esta actividad es de suma importancia para el éxito de la plantación, ya que una mala preparación o excesos de humedad en el suelo son precursores de la aparición y desarrollo de enfermedades, específicamente *Phytophthora* y *Erwinia* (Garita 2014) y nemátodos (Chopart *et al.* 2015), que son de gran impacto durante el ciclo del cultivo. Algunos reportes en lugares con precipitaciones de más de 3000 mm mencionan afectaciones en el crecimiento del híbrido MD-2, debido a la alta lixiviación y baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) derivada de la alta acidez del suelo bajo estas condiciones (Mite *et al.* 2010). Finalmente, los suelos para el adecuado establecimiento del cultivo no deben de presentar pendientes que superen el 12% de inclinación, esto con el fin de evitar la erosión y evitar la pérdida de suelo y la fertilidad de este (Garita 2014).

### **2.5 Importancia del control de malezas**

Se estima que la incidencia de malezas dentro de las plantaciones de piña puede llegar a causar pérdidas de entre el 20 a un 40% (Paull *et al.* 2016). Razón por la cual el control de plantas arvenses en el cultivo de piña es de vital importancia ya que estas influyen directamente en el desarrollo del cultivo, principalmente relacionado con la competencia por los nutrientes que estas representan a la planta de piña durante su fase vegetativa (Oliveira *et al.* 2021). De igual forma la presencia de estas plantas no deseadas sirve de hospedero de insectos o enfermedades que

pueden afectar el cultivo, disminuyendo su rendimiento (Lara 2008). Una de las prácticas que normalmente se utilizan en la producción piñera es la utilización de polietileno para cubrir las camas de siembra e inhibir el posible crecimiento y desarrollo de las plantas no deseadas dentro del cultivo (Paull *et al.* 2016).

## **2.6 Métodos control de malezas en piña**

El control de malezas se puede realizar de diferentes maneras. Lo más común es la aplicación de herbicidas químicos sintéticos por medio de un spray boom, donde se manejan volúmenes de agua entre los 2000 y 3000 litros por hectárea, lo cual incurre a una gran contaminación y residualidad de los productos en las áreas de cultivo. Existen también las deshierbas manuales que se realiza específicamente en zonas donde se dan escapes de malezas a la aplicación de los herbicidas, sin embargo, la mano de obra es costosa por lo que esta técnica no es la más utilizada en toda la plantación. Por otro lado, existe la utilización de coberturas sintéticas como plástico, los cuales son muy efectivos y así no se utilizan los químicos tradicionales y se evita la residualidad y contaminación, sin embargo, la cantidad de plástico que se utiliza es considerable y este tiene el problema de que no puede ser reutilizado ya que al realizar el derribe para la próxima siembra se destruye generando gran cantidad de desecho sólido al ambiente (Sánchez 2012).

## **2.7 Eugenol y sus propiedades herbicidas**

El eugenol es una sustancia que se extrae de los aceites esenciales de algunas plantas aromáticas como es la canela, clavo de olor y laurel. El eugenol es obtenido de la vía del ácido shikímico (siquimato) y es utilizado como ingrediente activo en herbicidas (Deng y Lu 2017). Algunos autores han evaluado el efecto de esta molécula en preemergencia en malezas y en su semilla sin contacto directo (Vitalini *et al.* 2021). Este compuesto afecta principalmente procesos metabólicos dentro de la planta, específicamente la respiración celular, la fotosíntesis y la permeabilidad de la membrana celular (Tworkoski 2002; Bainard *et al.* 2006). El eugenol es una alternativa bastante viable a la constante y creciente resistencia de las malezas a las moléculas de origen químico. De igual manera, pueden ser la respuesta a la demanda por parte de los consumidores por el uso de insumos que

sean lo más amigable posible con el medio ambiente (Ibáñez y Blázquez 2018; Vitalini *et al.* 2021). A nivel comercial en el mercado existe un herbicida a base de eugenol que se vende bajo el nombre comercial Weed Salyer® (Verdeguer *et al.* 2020).

## **2.8 Weed Slayer®**

Según Agro Research International (2020), Weed Slayer® es un herbicida sistémico, único, orgánico, no selectivo y de amplio espectro. El producto es a base de eugenol (aceite esencial de clavo de olor) y un bio surfactante único de propiedad intelectual. Viene en un paquete conjunto (parte A y parte B). La parte A consiste en eugenol 6% e ingredientes inertes (agua y melaza 94%) y la parte B consiste en un bio surfactante 35% y agua 65%. El producto está siendo utilizado en otros países por productores orgánicos y convencionales para controlar toda la mala hierba. Se tarda aproximadamente una semana en comenzar a funcionar ya que descompone la planta de adentro hacia afuera (sistémicamente), esto proporciona un control mucho más prolongado. Se recomienda el uso de ácido cítrico para reducir el pH del agua a valores entre 3-4 para obtener los mejores resultados.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del sitio de estudio

El ensayo se realizó en finca Guatuso de la empresa GOSO ORGÁNICO S.A., en Santa Fe, San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. Las coordenadas geográficas del bloque evaluado son CRTM05 X: 423129.78 Y: 1185616.95. La altura promedio a la que se encuentra la finca es de 250 msnm, la precipitación anual promedio es de 3000 mm, el rango de temperatura varía entre los 23 a 32 °C siendo la temperatura media anual de 26 °C y una humedad relativa promedio de 84 %. El estudio se estableció en el bloque 233 del lote H tal y como se observa en la Figura 4.



**Figura 4.** Bloque 233 utilizado para el establecimiento del ensayo, Finca Guatuso, San Rafael, Guatuso, 2020.

El periodo de estudio de este trabajo fue durante los meses de noviembre, diciembre del año 2020; enero, febrero y marzo del año 2021. En este lapso se realizó la demarcación, aplicación y recolección de datos de todos los tratamientos.

### **3.2 Material experimental**

El ensayo se realizó en una plantación de piña del híbrido MD2 bajo un sistema de producción orgánico. El arreglo de siembra fue en tresbolillo con una densidad de siembra aproximada de 62 000 plantas por ha, la fecha de siembra del bloque evaluado fue el 25 de abril del año 2020 y la aplicación de los tratamientos se realizó el 27-11-2020. La finca, dentro de sus prácticas para el control de malezas utilizan la colocación de plástico como cobertura de la cama pre-siembra, sin embargo, para el establecimiento de este ensayo no se utilizó cobertura plástica, con el fin de observar el efecto del herbicida. El producto utilizado fue el Weed Slayer®, un herbicida sistémico, único, orgánico, no selectivo y de amplio espectro. El producto es a base de eugenol (aceite esencial de clavo de olor) y un bio surfactante único de propiedad intelectual. El producto como tal es un paquete conjunto (parte A y parte B). La parte A consiste en eugenol al 6% e ingredientes inertes (agua y melaza 94%) y la parte B consiste en un Bio surfactante 35% y agua 65%.

### **3.3 Área y unidad experimental**

Se estableció un área experimental total de 990 metros cuadrados en el bloque 233 del lote H de la finca Guatuso, el cual contaba con un total de 24 camas de siembra con una distanciada entre centros de 1,10 metros para un total de 26,4 metros de ancho, de las cuales, se omitieron dos camas de siembra en cada borde con el fin de evitar el efecto borde que pudo tener los caminos sobre la plantación. Además, se utilizaron 45 metros de largo en esas 24 camas de siembra donde se seccionó longitudinalmente en cinco partes iguales (cuatro camas por sección). Transversalmente se formaron nueve secciones iguales de 5 metros cada una

obteniendo así un total de 45 áreas del mismo tamaño tal y como se observa en la

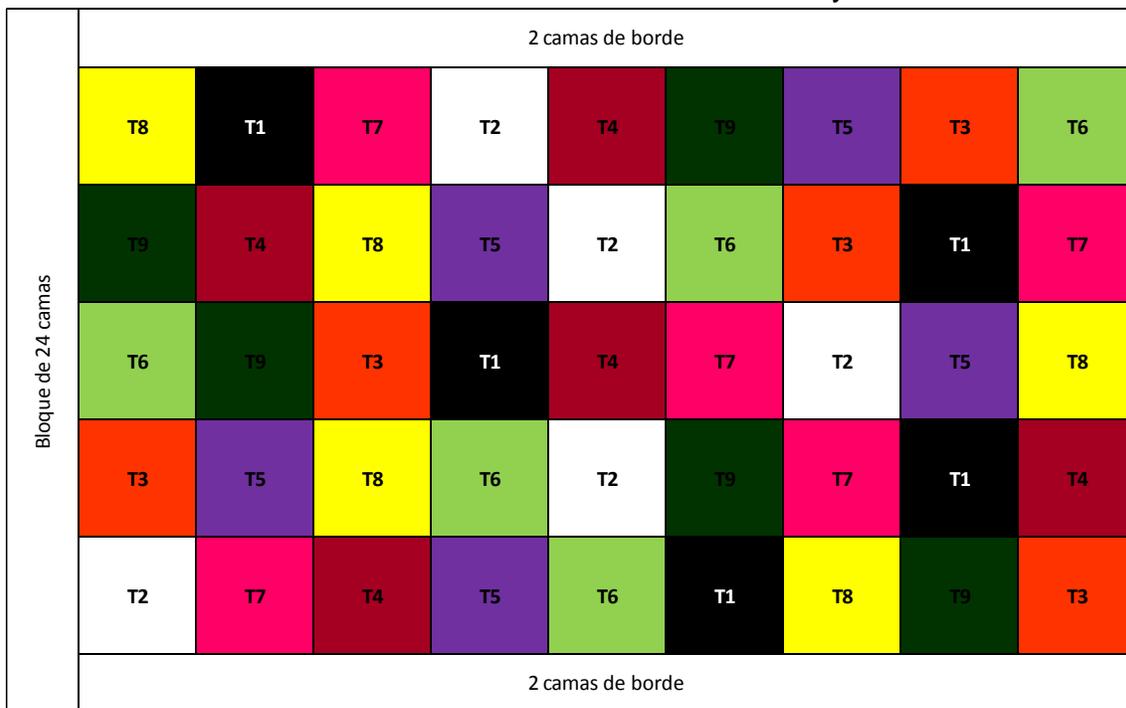
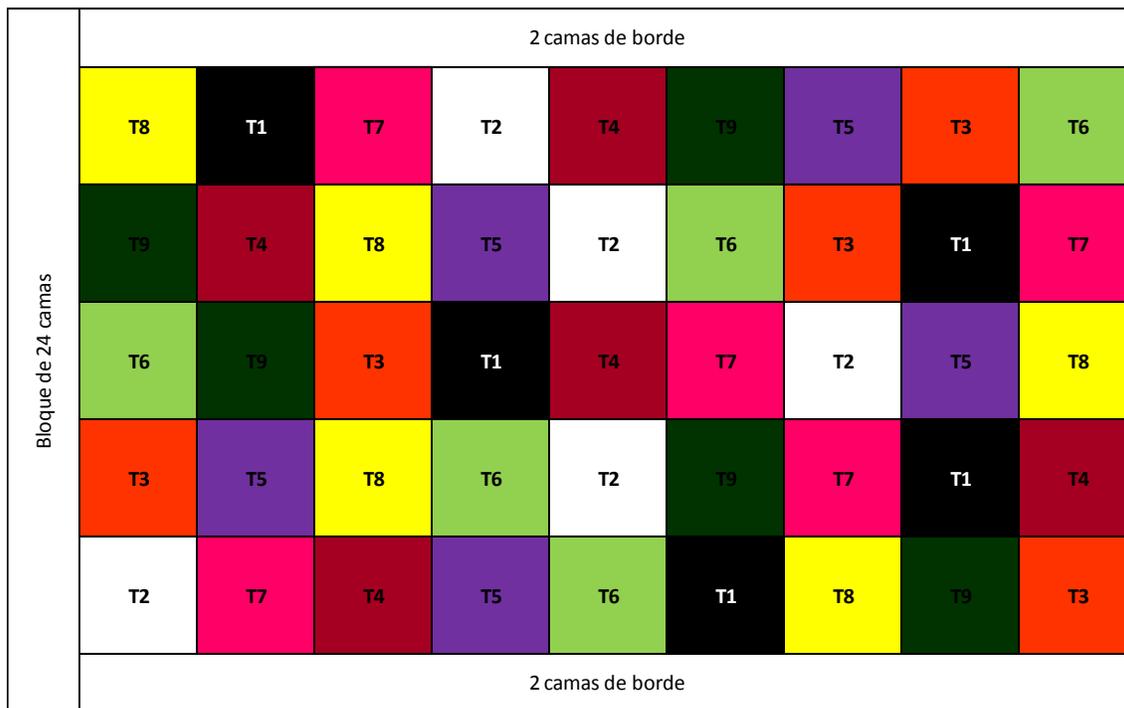


Figura 5.



**Figura 5.** División del bloque 233 del lote H en finca Guatuso de la empresa GOSO ORGÁNICO S.A. para la distribución aleatoria de los tratamientos del ensayo, San Rafael, Guatuso, 2020.

Cada una de las divisiones mencionadas anteriormente tenían 22 metros cuadrados (4,4 metros de ancho por 5 metros de largo) y correspondían a las unidades experimentales del ensayo. Con el fin de eliminar el efecto borde entre los tratamientos se estableció una unidad muestral o llamada parcela útil de 2 metros cuadrados en el centro de cada una de las unidades experimentales, específicamente en las dos camas centrales (1 metro de ancho por dos metros de largo).

### 3.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se conformaron por cuatro dosis del herbicida en estudio y la adición o la ausencia de ácido cítrico como un regulador de pH. También se contó con un testigo absoluto al cual no se le aplicó ninguna dosis del herbicida como control de malezas. Los tratamientos se detallan en el Cuadro 1. Además, por cada tratamiento se establecieron cinco repeticiones.

**Cuadro 1.** Tratamientos para la evaluación del herbicida a base de eugenol en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

Tratamientos	Abreviación	Dosis (cc/litro)	Aplicación de ácido cítrico	Identificación (color)	pH mezcla
1	T1	2,5	No	Negro	4,8
2	T2	5	No	Blanco	4,5
3	T3	7,5	No	Naranja	4,3
4	T4	10	No	Vino	4,2
5	T5	2,5	Sí	Morado	2,6
6	T6	5	Sí	Verde claro	3,0
7	T7	7,5	Sí	Rosado	3,1
8	T8	10	Sí	Amarillo	3,3
9	T9	Testigo Absoluto		Verde oscuro	5,6

### 3.5 Modo de aplicación de los tratamientos

Se realizó la aplicación el día 27 de noviembre del año 2020 con el uso de un equipo de aspersión manual conformado por una motobomba de espalda de 25 litros Husqvarna 325S25 y un brazo de aspersión de 5 metros de largo con 14 boquillas XR TEEJET 8008VK tal y como se observa en la Figura 6, considerando un volumen de aplicación de 2000 litros por hectárea a 50 psi. La calibración del equipo se realizó previo a la aplicación de los tratamientos.



**Figura 6.** Proceso de calibración del equipo previo a la aplicación de los tratamientos (A). Motobomba Husqvarna 325S25 y otros insumos requeridos para realizar la respectiva preparación de las disoluciones y aplicación de los tratamientos (B). Brazo de aplicación de 5 metros utilizado para la aplicación de cada una de las parcelas (C). Boquilla XR TEEJET 8008VK utilizadas para la aplicación de los tratamientos (D).

### 3.6 Variables de respuesta

Dentro de las variables de respuesta se realizó la identificación de las malezas que se encontraban dentro del área delimitada. La evaluación consistió en llevar un registro cada siete días de las plantas por nombre común o género, contemplando la planta más común dentro de cada uno de los bloques. Aunado a eso, se midieron el porcentaje de cobertura tanto de la cama como en el drenaje, el índice de control malezas, la fitotoxicidad sobre la maleza dominante y la piña en cada bloque, peso de la planta y variables de crecimiento de la planta de piña tal y como se describen en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Variables de respuesta para la evaluación del herbicida a base de eugenol en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

Variable	Método Evaluación	Periodo o frecuencia de medición
Cobertura total malezas cama	Cualitativa (Escala)	0, 7, 14, 21,28,35 y 42 dda
Cobertura total malezas drenaje	Cualitativa (Escala)	0, 7, 14, 21,28,35 y 42 dda
Índice control malezas	Cualitativa (Escala)	0, 7, 14, 21,28,35 y 42 dda
Control por maleza dominante	Cualitativa (Escala)	0, 7, 14, 21,28,35 y 42 dda
Fitotoxicidad al cultivo	Cualitativa (Escala)	0, 7, 14, 21,28,35 y 42 dda
Largo hoja D	Medición	0, 14, 28 Y 42 dda
Ancho hoja D	Medición	0, 14, 28 Y 42 dda
Grosor Hoja D	Medición	0, 14, 28 Y 42 dda
Peso planta	Cualitativa (visual) y cálculo	Final ensayo

\*dda = días después de realizada la aplicación

Para la evaluación de la cobertura de malezas sobre la cama de piña y en el drenaje de cada una de las 45 parcelas de muestreo se utilizó la escala cualitativa de evaluación visual modificada de ALAM (1974), la cual se describe en el Cuadro 3. El objetivo de esta era describir que tan cubierto estaban las áreas anteriormente

mencionadas previo y después de realizada la aplicación, y fue medida cada siete días hasta los 42 dda. Para realizar la medición de la cobertura, primeramente, se colocó en frente de cada bloque viendo hacia el oeste, una vez dentro de cada uno de los bloques se procedió a observar la parcela útil de 2 metros de largo por 1 de ancho. Una vez dentro de la parcela útil de manera general se categorizo la cobertura de acuerdo con la cantidad de plantas en el drenaje y en caso de la cama por la cobertura de esta que no fuese plantas de piña.

**Cuadro 3.** Evaluación de cobertura de malezas en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

Índice	Denominación	Escala
0 – 20	Desnudo	0
21 - 40	Poco cubierto	1
41 - 60	Medianamente cubierto	2
61 - 80	Altamente cubierto	3
81 - 100	Totalmente cubierto	4

Fuente: Tomada y modificada de ALAM (1974).

El control de malezas fue también medido de forma visual con la ayuda de la escala que se observa en el Cuadro 4. El fin de esta evaluación era ver que tanto impacto tenía los tratamientos del herbicida sobre las malezas que se encontraban en cada uno de los bloques. De igual forma para medir esta variable se realizó colocándose en frente de cada bloque viendo hacia el oeste, dentro de la parcela útil buscando efectos del herbicida sobre las malezas que se encontraban dentro de la misma.

**Cuadro 4.** Sistema de evaluación visual de control de malezas en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

Índice	Denominación	Escala
0 – 20	Ninguno a pobre	0

21 – 40	Regular	1
41 – 60	Bueno	2
61 – 80	Muy bueno	3
81 – 100	Excelente	4

La fitotoxicidad se midió tanto en la piña como en la maleza más dominante o nociva dentro de cada bloque. La medición se hizo de forma visual por medio de una escala que se describe en el Cuadro 5. Para el caso de la planta de piña dentro de la parcela útil en las dos camas del centro se seleccionaron de forma aleatoria dos plantas por cama, buscando en las mismas, efectos del herbicida sobre las hojas de la piña, siendo síntomas de amarillamiento o clorosis en hojas nuevas lo que se buscaba. Cabe señalar que las plantas se marcaron para ser muestreados durante todo el estudio. En la maleza se hizo de la misma forma, pero no se seleccionaron plantas sino, que se hicieron observaciones en toda la parcela útil con la misma escala y buscando los mismos síntomas.

**Cuadro 5.** Escala para la evaluación de fitotoxicidad en maleza dominante y planta de piña por efecto del herbicida a base de eugenol en una plantación de piña bajo un sistema de producción orgánico en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

Escala	Denominación
0	Sin daño
1	Muy leve
2	Leve
3	Marcado
4	Muy marcado

### 3.7 Variables biométricas

Para la medición de las variables biométricas se utilizaron las mismas cuatro plantas que se usaron para realizar la evaluación de fitotoxicidad. Una vez identificadas las plantas a muestrear, se procedió a encontrar la hoja D, para ello se enrollaron todas las hojas de la planta con el fin de buscar la más larga. Posterior a encontrar la hoja D (la más larga de la planta), se realizó la medición total de la

misma y se identificó la mitad de esta (cm), ahí mismo se midió espesor (mm) y ancho (mm) con un ayuda de un pie de rey. Cabe destacar que para medir el ancho de la hoja había que estirar la hoja y aplanar la hoja, ya que la misma es por anatomía curva, esto con el fin de evitar errores en la toma de los datos. Estas mediciones se hicieron cada catorce días por un periodo de 42 días.

**Cuadro 6.** Clasificación y rango de peso para el estimar el peso planta de un bloque de piña.

<b>Clasificación</b>	<b>Rango de peso (g)</b>
Extra Grande	2900-3300
Grande	2401-2900
Mediana	1901-2400
Pequeña	1400-1900
Muy pequeña	<1400

Tomado y adaptado de Agroindustrial Tres Amigos S.A.

En el mes de febrero del 2021 se realizaron los muestreos del peso planta de cada uno de los bloques. Previamente, se realizó la debida calibración para el muestreo, para ello se sacaron varias plantas de cada una de las clasificaciones de tamaño que se pueden observar en el

Cuadro 6 y su respectivo rango de peso. Cabe señalar que para la calibración se pesaron las plantas en una balanza con el fin de que el proceso de calibración fuera lo más cercano a la realidad. Una vez que se realizada la calibración, se muestrearon un total de 20 plantas por cada uno de los bloques dentro de la parcela útil (2 camas), evitando las camas de borde, en cada cama se midieron aleatoriamente 10 plantas y se clasificaron de acuerdo con el tamaño. Finalmente

se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo estimado de peso planta para cada bloque, donde n hace referencia al número de plantas.

$$\text{Peso planta (lb)} = \left( \frac{n_{\text{Extra Grande}}}{n_{\text{Total}}} \times \text{promedio peso escala (g)} + \frac{n_{\text{Grande}}}{n_{\text{Total}}} \times \text{promedio peso escala (g)} + \frac{n_{\text{Mediana}}}{n_{\text{Total}}} \times \text{promedio peso escala (g)} + \frac{n_{\text{Pequeña}}}{n_{\text{Total}}} \times \text{promedio peso escala (g)} + \frac{n_{\text{Muy pequeña}}}{n_{\text{Total}}} \times \text{promedio peso escala (g)} \right) * 2,2 / 1000$$

### 3.8 Análisis estadístico

Para las variables cualitativas que se midieron por medio de escalas se utilizaron métodos de estadística descriptiva para su análisis. Para ello previamente se tuvo que pasar cada valor categórico a un valor porcentual de acuerdo con la repetición de dicho valor dentro de cada base de datos. Con el fin de realizar el análisis de adición de ácido cítrico o no sobre el rendimiento del herbicida, dado el tamaño pequeño de la muestra se decidió agrupar todos los tratamientos exceptuando el testigo en 2 nuevos, para poder tener un tamaño de muestra mayor y ver si había un efecto o no sobre las variables de respuesta. Para ver el efecto de las dosis sobre el control de malezas se agruparon los tratamientos de acuerdo con las dosis con el fin de tener un tamaño de muestra más grande y considerar solo el efecto del herbicida y sus dosis. Todo el análisis de estadística descriptiva fue realizado con el programa ofimático Microsoft® Excel®.

Para lo que fue las variables biométricas de la planta de piña, se acomodaron todos los tratamientos en 4 tratamientos de acuerdo con las dosis (2,5, 5, 7,5, y 10 cc por L) y el testigo absoluto. Una vez se probaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad se realizó un ANOVA por cada una de las fechas para ver si había un efecto de los tratamientos en el crecimiento de la hoja D, con una prueba de comparación de medias Tukey y un nivel de significancia del 5%. Cabe destacar que para las variables de peso planta se realizó de la misma forma. Para realizar el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat 2020 (Di Rienzo *et al.* 2020).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Diversidad de malezas en la plantación

En el Cuadro 7, se aprecian las malezas que se identificaron en los diferentes bloques establecidos, de acuerdo con su clase, familia, género y nombre común. La cizaña fue la más común entre los bloques de muestreo y a su vez fue la maleza que dentro del área de observación presentó mayor incidencia, seguido de las ciperáceas, el tamarindillo y las gramíneas.

**Cuadro 7.** Malezas encontradas dentro de las áreas de muestreo de acuerdo con la clase, familia, género y nombre común en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

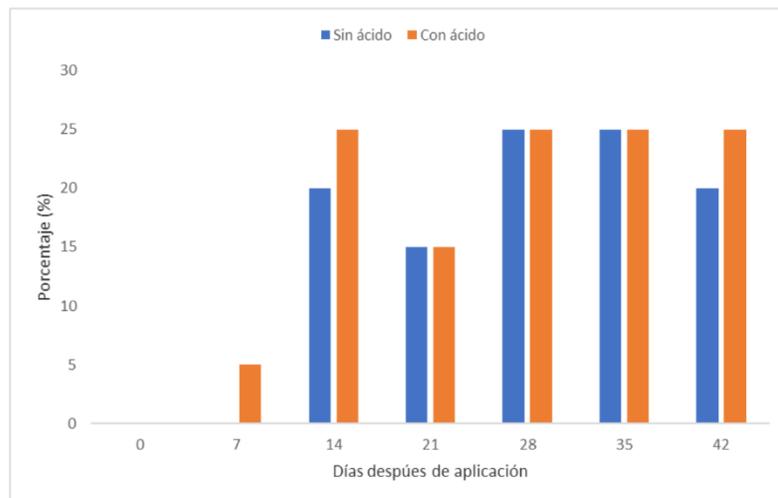
Clase	Familia	Género	Nombre común
Monocotiledónea	Poaceae	<i>Panicum</i>	Guinea
		<i>Ischaemun</i>	Ratana
		<i>Digitaria</i>	Digitaria
	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	Coyolillo
Dicotiledónea	Acanthaceae	<i>Asystacia</i>	Cizaña*
	Onagraceae	<i>Ludwigia</i>	Clavito
	Fabaceae	<i>Mimosa</i>	Dormilona
	Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus</i>	Tamarindillo
	Asteraceae	<i>Emilia</i>	Pincelillo
	Rubiaceae	<i>Richardia</i>	Chiquiza
	Vernaceae	<i>Lantana</i>	Cinco negritos
Solanaceae	<i>Solanum</i>	Hierba mora	

\*Fue la más común dentro de las parcelas útiles establecidas.

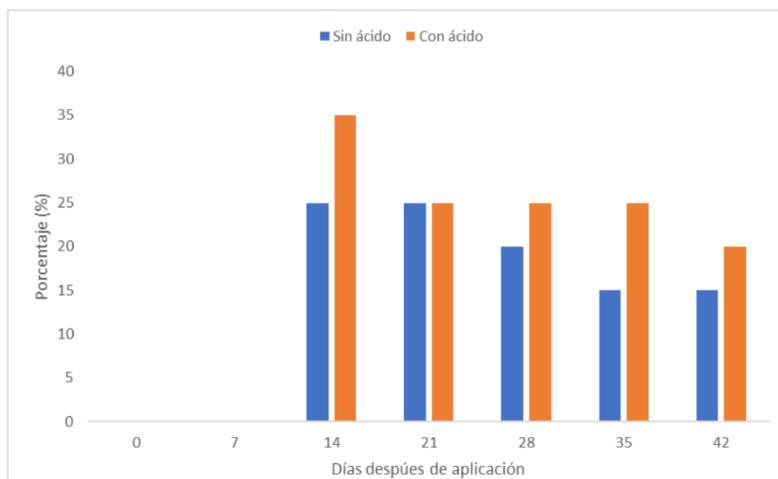
## 4.2 Efecto del ácido cítrico en las aplicaciones

De acuerdo con la Figura 7, al agrupar todos los tratamientos con base a la presencia de ácido cítrico y la no presencia del mismo en las diferentes disoluciones se puede observar que el porcentaje de incidencia para el índice de control de malezas para un valor 2, que significa regular no se visualiza un efecto del regulador de pH sobre la acción del herbicida (A). De igual forma, en la (B) que hace referencia a la fitotoxicidad, tampoco se puede concluir que el ácido haya influido sobre la fitotoxicidad del herbicida sobre la piña en una escala 3 (Cuadro 5), siendo el efecto de esta escala marcado sobre la planta.

**A)**



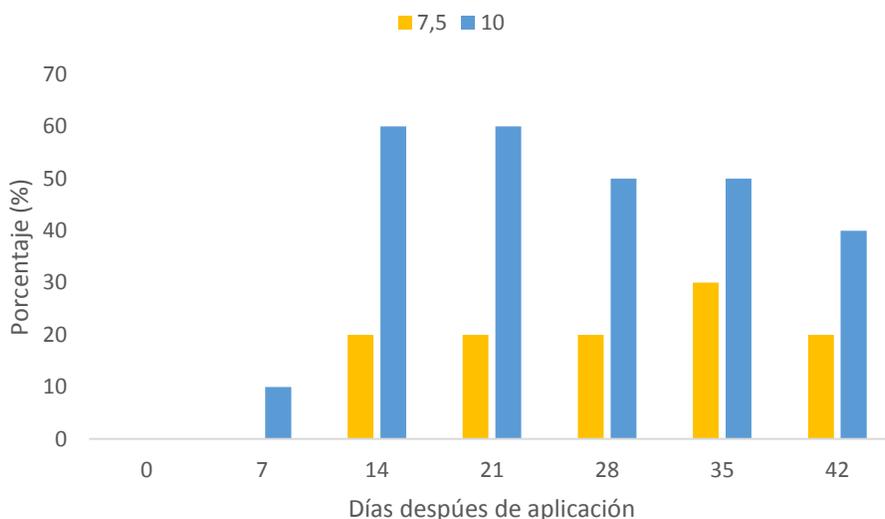
**B)**



**Figura 7.** Efecto de la aplicación de ácido cítrico y la no aplicación de este sobre la incidencia de un índice de control de malezas para la escala 2 = regular (A) y la fitotoxicidad sobre la piña para una escala de 3 = marcada (B), en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

### 4.3 Efecto de las dosis

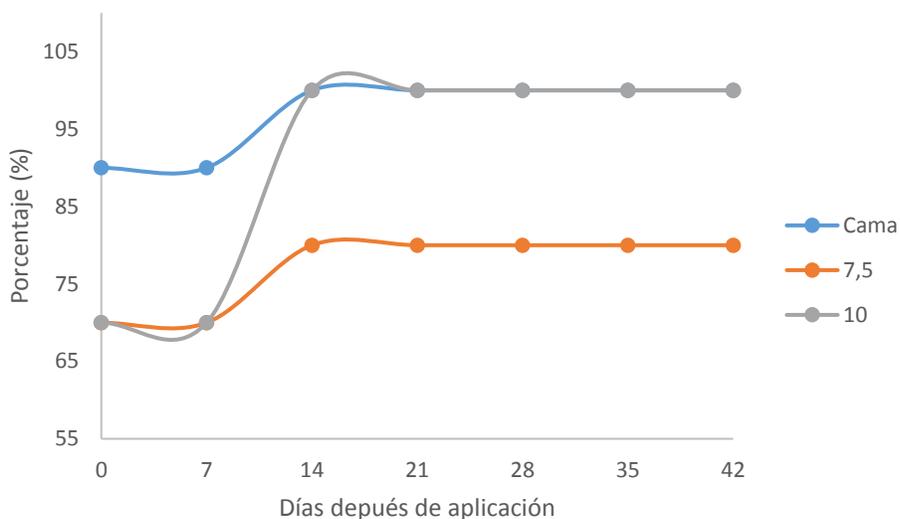
Para el índice de control se observaron valores considerados como “buenos” de acuerdo con la escala del índice de control de malezas (Cuadro 4). Estos resultados sugieren que las dosis de 7,5 y 10 cc por L evaluadas en este ensayo presentaron un mayor control sobre las malezas presentes en los respectivos bloques. Por otro lado, las dosis bajas y el testigo absoluto no presentaron valores que se encontraran sobre un índice aceptable por lo que estas dosis no tuvieron un efecto de control relevante sobre las malezas (Figura 8).



**Figura 8.** Porcentaje de incidencia de índice de control de malezas para la escala 2 = bueno, en el cultivo de piña orgánica bajo la dosis de 7,5 y 10 cc por L en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

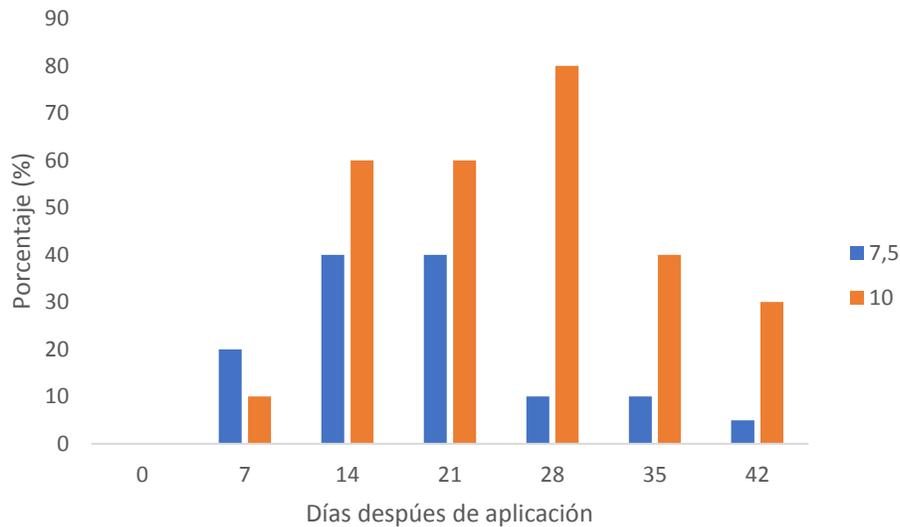
La Figura 9, representa la frecuencia de muestreos donde se encontraron valores dentro de la escala 0, considerado como un suelo desnudo (Cuadro 3). Por lo tanto, se logra apreciar que las dosis más altas (7,5 y 10 cc por L), durante el periodo de estudio presentaron un mayor efecto sobre la cobertura de cama, fue

igual para ambas dosis con valores de hasta un cien por ciento. De igual forma se logra apreciar el efecto de las dosis sobre la cobertura del drenaje los cuales si presentaron comportamientos diferentes con las dosis, ya que solo la de 10 cc por L logro bajar la cobertura del suelo a desnudo en un cien por ciento. Las dosis de 2,5 cc por L, 5 cc por L y el testigo absoluto no se graficaron debido a que estas no presentaron un efecto marcado sobre la cobertura.



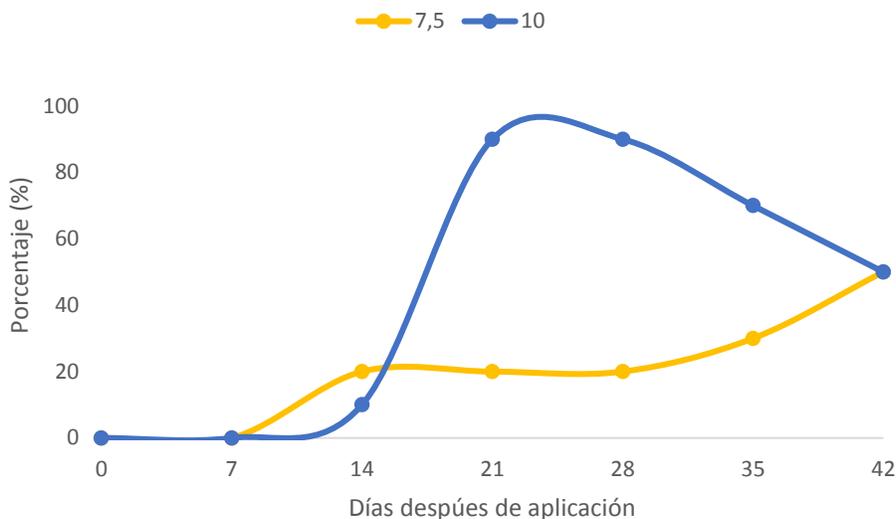
**Figura 9.** Porcentaje de incidencia de cobertura de cama y drenaje para la escala 0 = desnudo para las dosis (7,5 y 10 cc por L), en el cultivo de piña orgánica en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

En la Figura 10, se representa la incidencia de valores de fitotoxicidad sobre la maleza dominante dentro de la categoría 2, considerando esta como afectaciones leves sobre la planta. Por lo tanto, se puede decir que las dosis más altas (7,5 y 10 cc por L), durante el periodo de estudio presentaron al menos un efecto leve sobre la maleza más dominante. Cabe señalar que la maleza más dominante dentro de los bloques de muestreo fue la cizaña y estaba bastante madura, ya que inclusive durante uno de los últimos muestreos la misma se observó en floración.



**Figura 10.** Porcentaje incidencia de fitotoxicidad sobre maleza dominante para la escala 2 = leve, en el cultivo de piña orgánica bajo la dosis de 7,5 y 10 cc por L en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

En la Figura 11, se representa la incidencia de valores de fitotoxicidad sobre la planta de piña dentro de la categoría 3 para la dosis de 7,5 cc por L y 4 para la de 10 cc por L, considerando 3 como una fitotoxicidad marcada y 4 como una muy marcada sobre las hojas nuevas de la planta. Por lo que se puede decir que las dosis más altas causaron efectos negativos sobre la piña durante el periodo de estudio.



**Figura 11.** Porcentaje de incidencia de fitotoxicidad de la escala 3 = Marcado, bajo la dosis de 7,5 cc por L y una escala de 4 = Muy marcado para la dosis de 10 cc por L en el cultivo de piña orgánica en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

En el Cuadro 8, se aprecia las estimaciones de peso planta para el tratamiento testigo y las dosis de 7,5 y 10 cc por L. Si hubo un efecto significativo de las dosis más altas sobre la estimación del peso planta, presentando casi media libra menos en ambos tratamientos en comparación con el tratamiento testigo. Las variables que se midieron en la hoja D largo al punto medio (cm), ancho (mm) y espesor (mm) no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cada una de las semanas para las diferentes dosis (Anexo 3).

**Cuadro 8.** Comparación de estimaciones (media±EE) de peso planta (lb) de acuerdo con los tamaños de las plantas observados por cada una de las dosis 7,5, y 10 cc por L y el tratamiento testigo en una plantación de piña orgánica en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media±EE</b>
Testigo absoluto	3,28±0,10 <sup>a</sup>
7,5	2,75±0,07 <sup>b</sup>
10	2,69±0,07 <sup>b</sup>

EE: Error estándar. <sup>a-b</sup> Diferentes letras indican diferencias entre los tratamientos. P<0,05

## 5. DISCUSIÓN

En el país la creciente expansión del sector piñero debido a la alta demanda de fruta a nivel mundial con el paso de los años de la mano de un sistema de producción extensivo ha desencadenado problemas relacionados con el ambiente, en gran medida a la alta carga química que se utiliza bajo el sistema de producción convencional (Maglianesi 2013). El objetivo primordial de realizar el control de malezas en una plantación es disminuir la competencia por nutrientes que estas pueden producir con la piña, así como también estas tienen un rol como hospedero de plagas y enfermedades que eventualmente pueden afectar el cultivo (Vargas *et al.* 2018). De igual forma hay evidencia que afirma que un adecuado control de malezas tiene gran impacto sobre la calidad del fruto (Tadesse *et al.* 2007).

Normalmente en la producción convencional el control de malezas se hace de forma química, con herbicidas como bromacil (Ouattara *et al.* 2017), diuron, paraquat, amicarbazone (Catunda *et al.* 2005) y ametrina (Montiel 2015). Sin embargo, la finca Guatuso de la empresa GOSO ORGÁNICO S.A se dedica a la producción orgánica por lo que necesita de otros métodos para el control de estas plantas. A nivel mundial las malezas más comunes en las plantaciones piñeras son de la familia Poaceae, Astereaceae, Euphorbiaceae y Cyperaceae (Sanewski *et al.* 2018), concordando con los encontrados en este trabajo. Algunos estudios realizados en Brasil encontraron que las malezas más comunes en plantaciones comerciales de piña fueron gramíneas, entre las que se destacan *Digitaria horizontalis* Willd y las ciperáceas *Cyperus rotundus*, *Cyperus esculentus* L. (Oliveira *et al.* 2021), estos también concuerdan con los observados en este estudio. Brenes y Agüero (2007), hicieron un muestreo de malezas en varias fincas de la zona norte de Costa Rica, y dentro de la diversidad de malezas que encontraron se encuentran todas las descritas en este estudio. En otro estudio realizado en Etiopia determinaron que la familia de malezas más diversa en el cultivo de piña fueron gramíneas (Tadesse *et al.* 2007). En el caso de este trabajo la maleza más común en las parcelas útiles de muestreo establecidas fue *Asystacia gangetica*, conocida comúnmente como cizaña. Esta planta es muy común en los campos piñeros de la

zona norte del país y presenta un comportamiento muy agresivo (MAG 2007). Esta maleza según (Vargas *et al.* 2018), están en la lista de plagas cuarentenarias para el mercado estadounidense, tiene gran importancia ya que su presencia en un contenedor repercute en grandes pérdidas para el productor, ya que los contenedores son devueltos o quemados para evitar el ingreso de la planta al país al que se envía la fruta. Para el año 2007 solo para el caso de *Rottboelia cochinchinensis* la incidencia de semillas de esta maleza cuarentenaria en exportaciones para los Estados Unidos se estimó en un total de pérdidas de alrededor de \$2 millones (MAG 2007). En la producción de piña orgánica se menciona la práctica de deshierba manual a los 3 meses de establecida la plantación como una técnica muy efectiva. No obstante, esta práctica representa un alto costo económico para las fincas (Brenes y Agüero 2007). Normalmente la finca donde se realizó el ensayo implementa esta práctica, sin embargo, para efecto de este trabajo la misma no se implementó durante el periodo de estudio. Nakasane y Paull (1998), señalan que quitar toda la cobertura del suelo en la piña no es el del todo bueno, ya que hace que se exponga el suelo al sol y este pierda humedad. Normalmente la planta de piña requiere cierto grado de humedad para su adecuado crecimiento que va desde los 1000 a 1500 mm.

El eugenol es un monoterpeno oxigenado aromático (Choi *et al.* 2015), que se extrae del clavo de olor y posee propiedades para el control de insectos, hongos, moluscos y mala hierbas (Baker y Grant 2018). Otra de las características de este compuesto es que también es utilizado como un agente para la estimulación de la floración en árboles de manzana en concentraciones del 2 al 4 % (Miller y Tworkoski 2010). Los resultados obtenidos muestran que en algunos tratamientos hubo un efecto fitotóxico del herbicida sobre la planta de piña, sin embargo, estos resultados no mostraron un efecto significativo a la hora de comparar las medidas de crecimiento de las plantas. Este resultado concuerda con el reportado por Brant *et al.* (2012), donde si encontraron síntomas de fitotoxicidad en la planta, sin embargo, no encontraron un efecto en el crecimiento de la planta en su fase vegetativa y el crecimiento de la hoja D usando los herbicidas químicos Diuron, Fusilade y Primestra Gold. Catunda *et al.* (2005), evaluaron el efecto de herbicida

amicarbazone para el control de malezas sobre la piña y si bien determinaron problemas de fitotoxicidad sobre la planta de piña estos no influyeron sobre el crecimiento de la hoja D concordando con lo visto en este estudio. El diagnóstico del crecimiento y el estado nutricional de la planta de piña se hace sobre la hoja D. La hoja D es la hoja joven que esta más fotosintéticamente activa (Brant *et al.* 2012). El valor promedio del espesor de la lámina foliar en la hoja D de este estudio fue mayor a los 1,93 mm reportados por Ebel *et al.* (2017), sin embargo, al comparar este valor entre los tratamientos no se observaron diferencias significativas. Brant *et al.* (2012), encontraron valores inferiores para el crecimiento de la D de la planta de piña al descrito en este trabajo (Anexo 3), comparando a la misma edad del cultivo a este estudio (210 días), usando diferentes herbicidas de origen químico para el combate de malezas. Sin embargo, estas diferencias radican en la variedad que utilizaron (“Pérola”). Sin embargo, esto es un poco contradictorio ya que la estimación del peso planta si presento diferencias significativas entre el testigo y las dosis de 7,5 y 10 cc por L que presentaron las escalas de fitotoxicidad en piña más alta. No obstante, estas diferencias podrían ser por la forma subjetiva del muestreo, la persona que realizo las estimaciones o un factor condicionante que ya estuviera en la plantación previo al inicio del estudio.

Se ha evaluado el efecto herbicida que tiene la molécula de eugenol sobre la germinación de semillas de *Bidens pilosa* y *Cassia occidentalis* llegando a su germinación en concentraciones puro de 10  $\mu$ L y 20  $\mu$ L respectivamente (Vaid *et al.* 2010). Otro estudio realizado en avena indica que esta molécula con forme más alta sea la dosis más inhibe la germinación de las semillas, sin embargo, en las plantas que logran sobrevivir se afectan tanto el largo del tallo de la planta como el largo de las raíces, disminuye la clorofila de la planta y aumenta los radicales libres O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y OH a nivel radical (Ahuja *et al.* 2014). De igual forma en el caso de aplicar eugenol y este no cause la muerte a la maleza, el efecto de fitotoxicidad que ha causado sobre esta, repercute sobre el crecimiento, la clorofila, respiración celular y la materia seca de la planta (Bainard *et al.* 2006; Vaid *et al.* 2010; Alves *et al.* 2021). Aunado a eso, la afectación de clorofila implica una disminución considerable del proceso en la fotosintético de la planta, por lo que la planta no

contaría con los suficientes fotoasimilados para el crecimiento normal (Vaid *et al.* 2010). Otros estudios evaluaron el efecto de eugenol a una concentración de 3 mmol por litro sobre la germinación y crecimiento de plantas de sorgo y lechuga, en el caso de la lechuga encontraron una inhibición total y porcentajes de germinación (17,21%) y crecimiento de raíz (80,64%), aéreo (40,34%) en el sorgo (Alves *et al.* 2021). Tadesse *et al.* (2007), evaluaron tanto el efecto del uso solo de herbicidas como el uso de otras prácticas de manejo integrando el herbicida, prácticas culturales y el uso de materia orgánica a base de cascara de café, obteniendo altos rendimientos tanto en el crecimiento vegetativo de planta como en características de calidad de la fruta, como el tamaño y peso de la fruta. Dentro de los tratamientos establecidos para estudio se evaluó la adición de ácido cítrico bajo cada una de las diferentes dosis del herbicida Weed Slayer®, sin embargo, no se observó un efecto de este sobre la calidad de la aplicación realizada. Sin embargo, en general no se observaron índices de control de malezas aceptables solo con las dosis altas, no obstante, estos se podrían explicar por edad del cultivo en la que se empezó el ensayo y la madurez de las malezas. De igual forma, dado que la literatura señala que la molécula del eugenol trabaja sobre las semillas, en las plantas no fue oportuno el momento en que se hizo la aplicación.

Otras evidencias sugieren que una alternativa para las fincas que tienen una producción de piña orgánica puede ser el uso de plantas que den cobertura y no permitan el crecimiento de malezas como es el caso de *Pennisetum americanum* o *Cynodon dactylon* (De Matos *et al.* 2009). En los sistemas orgánicos otra técnica que se puede implementar para el control no solo de malezas sino también para la incidencia de enfermedades de suelo es la utilización de *Crotalaria* sp. en puntos específicos de plantación durante el desarrollo del cultivo. Esta planta produce sustancias alelopáticas que inhiben la germinación de las semillas de otras plantas que se encuentren en el banco de semillas del suelo, por lo que indirectamente las controla, aparte de que también tiene cierto aporte a la fertilidad del suelo como planta de la familia de las leguminosas (Sanewski *et al.* 2018). Una variable importante que no se midió dado que este trabajo solo se hizo durante un lapso del crecimiento vegetativo de la planta es evaluar si hay un efecto del herbicida sobre

la incidencia de FN. Algunos reportes han encontrado que el uso de herbicidas para el control de malezas durante el desarrollo de la piña puede inducir este fenómeno, si bien los datos no son significativos, los porcentajes de plantas con FN si fueron mayores respecto a no aplicación (Brant *et al.* 2012).

## 6. CONCLUSIONES

Las malezas más comunes dentro del área experimental fueron la cizaña, tamarindillo, las ciperáceas y gramíneas.

No se pudo evidenciar que la adición de ácido cítrico tuviera un efecto potencializador en el herbicida y que repercutiera sobre el control de malezas o la fitotoxicidad en la planta de piña.

Las dosis de 7,5 y 10 cc por L presentaron un mayor efecto sobre el índice de control de malezas y cobertura tanto de cama como de drenaje, sin embargo, tuvieron un mayor impacto fitotóxico sobre las plantas de piña.

No se encontraron diferencias en el crecimiento de la hoja D bajo las diferentes dosis del herbicida utilizado y tratamiento testigo.

Las dosis de 7,5 y 10 cc por L afectaron significativamente el peso planta estimado para las plantas dentro del bloque.

El herbicida utilizado presentó un bajo efecto sobre la maleza dominante dentro de los bloques muestreados.

## **7. RECOMENDACIONES**

Realizar este ensayo con un tamaño de muestra más grande, con fin de ver si realmente hay un verdadero efecto de las dosis utilizadas sobre el control de malezas.

Si se replica este trabajo realizar un muestreo de dureza del agua que se utiliza para las aplicaciones, ya que su composición puede haber condicionado los resultados observados durante este trabajo.

Se recomienda llevar este experimento hasta la cosecha, con la hipótesis de que las dosis utilizadas van a repercutir sobre los parámetros de la FN y calidad de la fruta.

Con base en la revisión de literatura realizada para hacer este trabajo se recomienda evaluar el efecto del herbicida como un pre emergente durante el establecimiento de la plantación.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Adegbite, O; Oni, O; Adeoye, I. 2014. Competitiveness of pineapple production in Osun State, Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development* 5(2): 205-214.
- Adje, C; Achigan-Dako, E; Coppens d'Eeckenbrugge, G; Yedomonhan, H; Agbangla, C. 2019. Morphological characterization of pineapple (*Ananas comosus*) genetic resources from Benin. *FRUITS* 74(4):167-179.
- Agogbua, J; Osuji, J. 2011. Split crown technique for mass propagation of smooth Cayenne pineapple in South-South Nigeria. *African Journal of Plant Science* 5(10):591-598.
- Agro Research International®. 2020. Weed Slayer® (en línea). Disponible en: <https://www.agroresearchinternational.com/es/weed-slayer>
- ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas). 1974. Resumen del panel de métodos de evaluación de control de malezas en Latinoamérica. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Malezas*. 6-38 p.
- Alves, T; Pinheiro, P; Praca-Fontes, M; Andrade-Viera, L; Lourenço, M; Lage, M; Alves, T; Cruz, F; Carneiro, F; Ferreira, A; Soares, T. 2021. Bioactivity and molecular properties of Phenoxyacetic Acids Derived from Eugenol and Guaiacol compared to the herbicide 2,4-D. *An Acad Bras Cienc* 93(4):1-18. [DOI 10.1590/0001-3765202120191368](https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191368)
- Anderson, J. M; Pegg, K; Scott, C; Drenth, A. 2012. Phosphonate applied as a pre-plant dip controls *Phytophthora cinnamomi* root and heart rot in susceptible pineapple hybrids. *Australasian Plant Pathology* 41(1): 59-68.
- Anzalone, A; Silva, A. 2010. Evaluación de herbicidas sulfonilureas para el control de malezas en cafetales. *Bioagro* 22(2): 95-104.
- Ahuja, N; Singh, H; Batish, D; Kohli, R. 2014. Eugenol-inhibited root growth in *Avena fatua* involves ROS-mediated oxidative damage. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 118:64–70. [doi:10.1016/j.pestbp.2014.11.012](https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.012)

- Bainard, L; Isman, M; Upadhyaya, M. 2006. Phytotoxicity of clove oil and its primary constituent eugenol and the role of leaf epicuticular wax in the susceptibility to these essential oils. *Weed Science* 54(5):833-837. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WS-06-039R.1>
- Baker, B; Grant, J. 2018. Eugenol profile active ingredient eligible for minimum risk pesticide use. University of Cornell, New York, United States of America. 15p.
- Barrientos, O.; Porras, S. 2010. Cadena Productiva de Piña. Políticas y Acciones. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, SEPSA y MAG. Heredia, Costa Rica. 14 p.
- Bartholomew, D. 2014. History and perspectives on the role of ethylene in pineapple flowering. International Society for Horticultural Science. *Acta Hortic.* 1042 (1): 269-284 p.
- Bartholomew, D.P; Malézieux, E; Sanewski, G.M; Sinclair, E.R. 2018. Inflorescence, and fruit development and yield. *In* The Pineapple 2nd edition: Botany, Production and Uses. New York, United States of America. CABI Publishing. pp. 167–202.
- Bartholomew, DP. 2014. History and Perspectives on the Role of Ethylene in Pineapple Flowering. *Acta Horticulturae* 1042:269-284.
- Brant, L; Martins, V; Melo, M; Aspiazú, I; Facco, R. 2012. Growth, production and quality of pineapple in response to herbicide use. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 34(3):799-805.
- Brenes, S. 2005. Caracterización vegetativa y productiva del cultivar MD-2 de piña (*Ananas comosus*) bajo las condiciones climáticas de Turrialba. *InterSedes* 4(11):27-34. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/666/66658949002.pdf>
- Brenes, S.; Agüero, R. 2007. Reconocimiento taxonómico de arvenses y descripción de su manejo, en cuatro fincas productoras de piña (*Ananas comosus* L.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 18(2):239-246.

- Butcher, D.; Gouda, E. 2014. Most Ananas are Cultivars. Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Pineapple News 21:9-11 p.
- CANAPEP (Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña de Costa Rica). 2020. Estadísticas (en línea, sitio web). Consultado 21 may. 2020. Disponible en: <https://canapep.com/estadisticas/>.
- CANAPEP. 2016. ¿Por qué la producción de piña en Costa Rica es un sector esencial para la economía? (en línea). San José. Costa Rica. Disponible en: <https://canapep.com/produccion-pina-costa-rica-sector-economia/>
- Carvalho, S; Vieira Janeiro, C; Bürkle, R; Marur, C. 2005. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi Smooth cayenne. Rev Bras Frutic 27(3): 430-433. doi: 10.1590/S0100-29452005000300022.
- Catunda, M; Freitas, S; Oliveira, J; Silva, C. 2005. Effects of Herbicides on the Photosynthetic Activity of Pineapple (*Ananas comosus*). Planta Daninha 23(1): 115-121. Disponible en <https://www.scielo.br/j/pd/a/XzsY3t4WPTQGMVs8gQCQk6d/?format=pdf&lang=pt>
- Choi, H; Sowndhararajan, K; Cho, N; Hwang, K; Koo, S; Kim, S. 2015. Evaluation of Herbicidal Potential of Essential Oils and their Components under *In vitro* and Greenhouse Experiments. Weeds Turfgrass Science 4(4):321-329. <http://dx.doi.org/10.5660/WTS.2015.4.4.321>
- Chopart, J. L; Debaut-Henoque, L; Marie-Alphonsine, P. A; Asensio, R; Soler, A. 2015. Estimating root length density of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) from root counts on soil profiles in Martinique (French West Indies). Fruits 70(3): 143-151. Disponible en [https://agritrop.cirad.fr/575826/1/document\\_575826.pdf](https://agritrop.cirad.fr/575826/1/document_575826.pdf)

- Coppens, G.; Sanewski, G.; Smith, M.; Duval, F.; Leal, F. 2011. Ananas. In: Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources (Tropical and Subtropical Fruits). Editorial Springer. 21-42 p.
- Cortés, E. 1994. Atlas agropecuario de Costa Rica. EUNED. Florida, Instituto Florida, Costa Rica. San José . 533p
- Delgado Huertas, H; Arango Wiesner, L. 2015. Caracterización morfoagronómica de genotipos de piña (*Ananas* spp.) en un suelo de terraza alta de Villavicencio. Orinoquia 19(2):153-165. Disponible en
- Delgado-Huertas, H; Arango-Wiesner, L. 2015. Caracterización morfoagronómica de genotipos de piña (*Ananas* spp.) en un suelo de terraza alta de Villavicencio. ORINOQUIA 19(2):153-165. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v19n2/v19n2a02.pdf>
- Deng, Y; Lu, S. 2017: Biosynthesis and Regulation of Phenylpropanoids in Plants. Critical Reviews in Plant Sciences 36(4):1-34 [DOI:10.1080/07352689.2017.1402852](https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1402852)
- De Matos, A; Sanches, N; Souza, L; Júnior, E; Teixeira, F; Siebeneichler, S. 2009. COVER CROPS ON WEED MANAGEMENT IN INTEGRATED PINEAPPLE PRODUCTION PLANTINGS. Acta Horticulturae (822):155–160. [doi:10.17660/actahortic.2009.822](https://doi.org/10.17660/actahortic.2009.822)
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C; InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Ebel, A; Giménez, L; González, A. M; Luaces, P. 2016. Evaluación morfoanatómica de hojas “D” de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr. var. *comosus*) en respuesta a la implantación de dos sistemas de cultivo en Corrientes, Argentina. Acta Agronómica 65(4):390-397.
- Ebel, A; Giménez, L; González, A. M; Luaces, P. 2016. Evaluación morfoanatómica de hojas “D” de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr. var. *comosus*) en respuesta

a la implantación de dos sistemas de cultivo en Corrientes, Argentina. Acta Agronómica 65(4):390-397.

Espinosa-Rodríguez, C; Nieto-Angel, D; De León-García de Alba, C; Villegas-Monter, Á; Aguilar-Pérez, L; Ayala-Escobar, V. 2015. Etiología de la pudrición del cogollo de la piña (*Ananas comosus*. L. Merrill) cultivar MD2 en Isla, Veracruz, México. Revista Mexicana de Fitopatología 33(1):104-115. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v33n1/2007-8080-rmfi-33-01-00104.pdf>

Evans, D.; Sanford, W.; Bartholomew, D.; Rohrbach, K. 2002. Growing Pineapple. In: Pineapple Cultivations in Hawaii. University of Hawaii at Manoa. Honolulu, USA. 8 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. FAOSTAT: Crops, Pineapple in Costa Rica. (en línea). Consultado 12 jun. 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Fassinou Hotegni, V; Lommen, W. J; Agbossou, E. K; Struik, P. C. 2015. Influence of weight and type of planting material on fruit quality and its heterogeneity in pineapple [*Ananas comosus*(L.)Merrill]. Frontiers on Plant Science 5(748):1-16. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4300867/pdf/fpls-05-00798.pdf>

Gamboa, S. 2011. Caracterización vegetativa y productiva del cultivar MD2 de piña (*Ananas comosus*) bajo las condiciones climáticas de Turrialba. InterSedes. 6(11):27-34.

Gared, S. 2019. Organic Herbicides (en línea). South Dakota State University. Disponible en: <https://extension.sdstate.edu/organic-herbicides>

Garita, R. 2014. La piña. 1 ed. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 568 p.

- Hepton, A. 2003. Cultural System. The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing. New York, USA. 109-143 p.
- Hipo Hipo, M. 2017. Aplicación de mucilago de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el control de malezas (en línea). Tesis Ing. Ambato. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25048/1/tesis%20022%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Mar%C3%ADa%20Hipo%20-%20cd%20022.pdf>
- Ibáñez, MD; Blázquez MA. 2018. Phytotoxicity of Essential Oils on Selected Weeds: Potential Hazard on Food Crops. *Plants* 7(4):1-15. [doi: 10.3390/plants7040079](https://doi.org/10.3390/plants7040079)
- Ingwersen, W. 2012. Life cycle assessment of fresh pineapple from Costa Rica. *Journal of Cleaner Production* 35: 152-163. Disponible en [doi:10.1016/j.jclepro.2012.05.035](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.035)
- Jiménez, J. 1999. Cultivo de la Piña, Manual Práctico para Cultivo de Piña de Exportación. Editorial Tecnológica. Cartago, Costa Rica. 221 p.
- Lara, T. 2008. Combate y control de las malezas. Asesoría agrícola para agricultores. Santo Domingo, República Dominicana. 6 p.
- Leon, R; Kellon, D. 2012. Characterization of 'MD-2' Pineapple Planting Density and Fertilization Using a Grower Survey. *HortTechnology* 22(5):644-650.
- Lobo, M.G; Siddiq, M. 2016. Overview of pineapple production, postharvest physiology, processing and nutrition. *In Handbook of Pineapple Technology* (eds M.G. Lobo and R.E. Paull). pp. 1-15. <https://doi.org/10.1002/9781118967355.ch1>
- Loison-Cabot, C. 1992. Origin, phylogeny and evolution of pineapple species. *Fruits* 47(1):25-32. Disponible en <https://agritrop.cirad.fr/406764/1/dk406764.pdf>

- López, K.; Mora, R. 2018. Análisis de la disponibilidad de piña orgánica y jugo de piña orgánica en Costa Rica para la exportación. *Revista Pensamiento Actual* 18(31):53-67.
- MAG. 2007. Caracterización y plan de acción para el desarrollo de la agrocadena de Piña en región Huetar Norte. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ciudad Quesada, Costa Rica. 62 p.
- Maglianesi, M. 2013. Desarrollo de las piñeras en Costa Rica y sus impactos sobre ecosistemas naturales y agro-urbanos. *BIOCENOSIS* 27(1-2):62-70.
- Malézieux, E.; Côte, F.; Bartholomew, D. 2003. Crop Environment, Plant Growth and Physiology. *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. New York, USA. 69-110 p.
- Miller, S; Tworkoski, T. 2010. Blossom Thinning in Apple and Peach with an Essential Oil. *Hortscience* 45(8):1218–1225.
- Mite, F; Espinosa, J; Medina, L. 2010. Liming Effect on Pineapple Yield and Soil Properties in Volcanic Soils. *Better Crops* 94(1): 7-9. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/4CFE331CE3CB5A0185257980006EC36A/\\$FILE/Better%20Crops%202010-1%20p7.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/4CFE331CE3CB5A0185257980006EC36A/$FILE/Better%20Crops%202010-1%20p7.pdf)
- Montero, M; Cerdas M. 2005. Guías técnicas del manejo postcosecha para el mercado fresco. (en línea). San José. Costa Rica. MAG. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/J11-8874.pdf>
- Montiel, M. 2015. Uso de agroquímicos en la producción intensiva de piña en Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual* 15(25):183-195.
- Montiel, M. 2015. Uso de agroquímicos en la producción intensiva de piña en Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual* 15(25):183-195.
- Nakasane, HY; Paull, RE. 1998. *Tropical Fruits*. CABI Publishing. Wallingford, United Kingdom. 445p.

- Oliveira, S; Santos, J; Nogueira, B; dos Santos, G; Ferreira, J. 2021. Critical period of weeds interference in pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) crops. *Biotechnol. Agron. Soc. Enviro.* 25(2): 120-128. Disponible en <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=18985&file=1>
- Ouattara, G; Camara, B; Bomisso, E; Cherif, M; Sorho, F; Dick Acka, E; Konè, D; Yocoli, E. 2017. Effects of Planting Bed and Density on the Yield of Pineapple (*Ananas comosus* L. var., MD2) Grown in Short Rainy Season in Southern Côte d'Ivoire. *Asian Journal of Agricultural Research* 11 (1): 18-25. Disponible en <https://docsdrive.com/pdfs/knowledgia/ajar/2017/18-25.pdf>
- Paull, R.; Duarte, O. 2011. CAB International. 2 ed. London, UK. 400p.
- Paull, R; Bartholomew, D; Chen, C. 201-6. Pineapple breeding and production practices. *In Handbook of Pineapple Technology: Production, Postharvest Science, Processing and Nutrition.* New York, United States of America. Wiley. p. 16-38.
- Pelissari, G; Rodrigues, R; Duarte, R. 2010. Atividade antibacteriana do óleo essencial de *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC., Asteraceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 20(1):70-74.
- Pérez, M. 2010. Trazabilidad para exportación. (en línea). San Carlos, Costa Rica, LyL Proyectos. 219 p. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/15697304/trazabilidad-para-exportacion-lyl-proyectos>
- Picado, J. 2010. Programa para la producción de piña orgánica (en línea). San José, Costa Rica, ACICAFOC. 59 p. Disponible en: [http://www.pnp.cr/sites/default/files/picado\\_j.\\_2010.\\_programa\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_pina\\_organica.\\_fundecooperacion\\_programa\\_para\\_la\\_cooperacion\\_sur-sur\\_benin\\_butan\\_costa\\_rica\\_y\\_acicafoc.pdf](http://www.pnp.cr/sites/default/files/picado_j._2010._programa_para_la_produccion_de_pina_organica._fundecooperacion_programa_para_la_cooperacion_sur-sur_benin_butan_costa_rica_y_acicafoc.pdf)
- PROCOMER (Promotora del comercio exterior de Costa Rica). 2020. Manual del diplomático para el comercio exterior. Disponible en

<https://www.procomer.com/wp-content/uploads/2020/03/Manual-del-diplomatico.pdf>

Reinhardt, D.; Bartholomew, D.; Duarte, F.; Pinto de Carvalho, A.; Pereira de Pádua, T.; Junghans, D.; Pires de Matos, A. 2018. Advances in pineapple plant propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura* 40(6):1-22. Disponible en <https://www.scielo.br/j/rbf/a/Tgqqw4GzYLT3gmP5MLTmRGD/?format=pdf&lang=en>

Rodríguez, R; Becquer, R; Pino, Y; López, D; Rodríguez, R; Llorente González, G; Izquierdo, R; González, J. 2016. Producción de frutos de piña (*Ananas cosmosus* (L.) Merr.) MD-2 a partir de vitroplantas *Cultivos* 37: 40-48. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193246189006.pdf>

Sánchez, J. 2012. Manual para la producción de piña de calidad (en línea). Disponible en: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia\\_plantas/f01-cultivo/2018/manual\\_produccion\\_pia.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/2018/manual_produccion_pia.pdf)

Sanewski, GM; Bartholomew, DP; Paull, RE. 2018. *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. 2 ed. Boston, USA, CABI. 11-19, 234-237, 294 p.

Sinha, S; Aman, A; Rajan, R. 2018. The Significance of 'D' Leaf in Pineapple. *Biomolecule Reports* 4(18):1-3. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Rajni-Rajan/publication/328939293\\_The\\_Significance\\_of\\_'D'\\_Leaf\\_in\\_Pineapple/links/5bec398f92851c6b27be093a/The-Significance-of-D-Leaf-in-Pineapple.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rajni-Rajan/publication/328939293_The_Significance_of_'D'_Leaf_in_Pineapple/links/5bec398f92851c6b27be093a/The-Significance-of-D-Leaf-in-Pineapple.pdf)

Tadesse, T; Wondyifraw, T; Tesfu, K. 2007. Effect of weed management on pineapple growth and yield. *Ethiopian Journal of Weed Management* 1:29–40.

Tworkoski, T. 2002. Herbicide effects of essential oils. *Weed Sci.* 50(4):425–431.

- Uriza, D. 2011. Paquete Tecnológico Piña MD-2 (*Ananas comosus var. comosus*). Programa Estratégico Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sureste de México. SAGARPA-INIFAP. Veracruz, México. 17 p.
- Vaid, S; Batish, D; Singh, H; Kohli, R. 2010. Phytotoxic effect of eugenol towards two weedy species. *The Bioscan* 5(3):339-341.
- Valverde, M; Rodríguez, G; Mora, E. 2018. Informe de gestión agropecuario y rural (en línea). San José, Costa Rica, SEPSA. 157 p. Disponible en: [http://www.sepsa.go.cr/docs/2018-005-Informe\\_Gestion\\_Sector\\_Agropecuario\\_2014-2018.pdf](http://www.sepsa.go.cr/docs/2018-005-Informe_Gestion_Sector_Agropecuario_2014-2018.pdf)
- Vargas, A; Morales, M; Watler, W; Vignola, R. 2018. Cultivo de piña en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. 85p.
- Verdeguer, M; Sánchez-Moreiras, AM; Araniti F. 2020. Phytotoxic Effects and Mechanism of Action of Essential Oils and Terpenoids. *Plants* 9(11):2-52. [doi: 10.3390/plants9111571](https://doi.org/10.3390/plants9111571).
- Vitalini, S; Orlando, F; Iriti, M. 2021. Selective phytotoxic activity of eugenol towards monocot and dicot target species. *Nat Prod Res* 36(6):1659-1662. [doi: 10.1080/14786419.2021.1897810](https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1897810)
- Williams, P; Crespo, O; Atkinson, C; Essegbey, G. 2017. Impact of climate variability on pineapple production in Ghana. *Agriculture & Food Security* 6(1): 1-14. [doi:10.1186/s40066-017-0104-x](https://doi.org/10.1186/s40066-017-0104-x)
- Wang, R; Hsu, Y; Lin,C; Maruthasalam, S; Lin, C; Bartholomew, D. 2005. Foliar application of aviglycine reduces natural flowering in pineapple. *HortScience* 40:123–126.
- Xu, H; Yu, Q; Shi, Y; Hua, X; Tang, H; Yang, L;Ming, R; Zhang, J. 2018. PGD: Pineapple Genomics Database. *Horticulture Research* 5(1):1-9. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41438-018-0078-2.pdf>

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Confirmación de autorización del uso del producto Weed Slayer® para la agricultura ecológica.

**CONFIRMACION DE COMPATIBILIDAD**  
para el uso de insumos en la agricultura ecológica

Extendido para **Agro Technologies International Sociedad Anónima.**  
San Jose - Escazú, 200 metros oeste de La Paco,  
edificio Spazio Ejecutivo, oficina 5, Costa Rica.

No. del documento: **A-2018-00249/2019-01642-01643/0446**

Este documento confirma que los productos comerciales  
**THYME GUARD® / WEED SLAYER™**  
producidos por Agro Research International LLC.; y comercializados por la empresa mencionada arriba han  
llegado al siguiente resultado:

Los productos finales son compatibles con la producción agrícola orgánica para su uso en el control de plagas,  
malezas y enfermedades en cultivos, según los requerimientos de los reglamentos

- > USDA/NOP-Final rule (EEUU) §205.206(e).
- > JAS Japanese Agricultural Standard for Organic Agricultural Products (Japon) Notificación No.1605, Cuadro 2.
- > Decreto Ejecutivo n° 29782 M.A.G (Costa Rica), Anexo B.

La revisión y evaluación del proceso de producción fue realizada por Kiwa BCS Öko-Garantie, en sus oficinas de San José de Costa Rica. Kiwa BCS es un ente acreditado por la Unión Europea para la inspección y certificación de productos ecológicos, además es supervisada por 16 autoridades alemanas, también es acreditada por la autoridad USDA para certificar según el reglamento NOP-final Rule y está registrada como "Empresa Extranjera de Certificación" por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Silvicultura de Japón para certificar según el reglamento orgánico para productos agrícolas (JAS/MAFF).

La presente confirmación no constituye una garantía sobre la calidad ni sobre la eficacia de los productos en agricultura. Kiwa BCS no será responsable por cualquier cambio en ingredientes o en la información contenida en la etiqueta que no haya sido informado correcta y oportunamente por el registrante/fabricante de los productos, quien debe asumir toda la responsabilidad por daños e inconvenientes. Este documento solamente confirma que el uso de los productos, con base en la composición presentada por el registrante y de acuerdo a los criterios aplicados, pueden ser considerados como equivalentes a los requerimientos de los reglamentos arriba mencionados.

Es obligación de la empresa responsable por la venta de los productos efectuar los respectivos trámites legales para el registro oficial de los mismos. Este documento no reemplaza el registro de los productos ante las autoridades de los países donde se les va a comercializar.

Nuremberg, 01 de agosto de 2019 Validez del Documento: 31 de mayo de 2020

**KIWA BCS ÖKO-GARANTIE GMBH**

per  Prof. Dr. Roland Hüttl  
Gerente General

Lista de insumos 

**KIWA BCS Öko-Garantie GmbH**

Marienborgraben 3-5, 90402 Nuremberg, Alemania / Tel.: +49 (0)911 42 43 9-0, Fax: +49 (0)911 42 43 9 71



## Anexo 2. Etiqueta del herbicida Weed Slayer® distribuido por Agro Research Internacional S.A.S.



weed  
slayer

controls grass and weeds... naturally

*"From the farm to the table...naturally"*



AGRO  
RESEARCH  
INTERNATIONAL

**DESCRIPCION:**  
**WEED SLAYER** es un herbicida natural único de amplio espectro no selectivo, elaborado con dos componentes: Parte A (Eugenol aceite esencial de clavo de olor y melaza) y Parte B (biosurfactante único de propiedad intelectual). Puede ser aplicado para controlar toda la mala hierba. Los resultados normalmente se empiezan a notar en menos de 1 semana y puede tomar de 10 a 14 días su efecto final. Su residualidad continua por varias semanas sin afectar nuevas siembras.

**WEED SLAYER está exento de registro EPA bajo FIFRA 25 (b).**

**COMPOSICION:**

PARTE A	PARTE B
Ingredientes Activos:	Ingredientes Activos:
Eugenol: 6%	Bio Surfactante: 35%
Ingredientes Inertes:	Ingredientes Inertes:
Agua y Melaza: 94%	Agua: 65%

**MODO DE USO:** Mezclar 2 litros de la **PARTE A** y 2 litros de la **PARTE B** para 1 hectárea. Agite muy bien las dos partes asegurando de quedar una mezcla homogénea. Al aplicarlo, tenga cuidado de no salpicar a las plantas o cultivos que no quieren ser afectados ya que WEED SLAYER los afectará. **AGITE MUY BIEN CADA PARTE ANTES DE USAR.**

**CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS:**

Característica	PARTE A	PARTE B
Apariencia	Líquida	Líquida
Color	Café Oscuro	Claro incoloro
Olor	Característico a clavo	Limón
Viscosidad	>5000 cps a 21°C	No disponible
Punto de ebullición	104.4°C	100°C
Gravedad específica	≤ 1.46 a 15.6°C	0.886 a 20°C
Densidad	1.4 g/ml a 21°C	0.884 g/ml
Solubilidad	Completa	Completa
pH	≤ 6	No disponible

Vida Útil: 2 años

**OTRAS CARACTERISTICAS:**  
 Las cepas de microorganismos están exentas de los requerimientos EPA CDR – 40 DFR 725. Se consideran de origen natural, no patógenos, no tóxicos, no corrosivos, no-GMO y no peligrosos. No se consideran patógenos para el ganado o las aves de corral.

**PRESENTACIONES:**

Cantidad	Empaque	Embalaje
1 litro	Garrafa plástica	Caja x 12 unidades (6-parte A y 6-Parte B)
4 litros	Garrafa plástica	Caja x 4 unidades (2-parte A y 2-Parte B)
10 litros	Garrafa plástica	Caja x 2 Unidades (1-parte A y 1-parte B)
208 litros	Tambor plástico	N/A Parte A y Parte B
1060 litros	Tanque	N/A Parte A y Parte B

**ALMACENAMIENTO:**  
 Almacenar en un lugar limpio y seco y a temperaturas no superiores a 35°C (95°F). No es necesario refrigerar el producto, mantener siempre alejado de la luz del sol.

**PRECAUTIONS:**  
 Evitar el contacto directo con los ojos y la piel. Es recomendable usar guantes, gafas de seguridad y tapabocas al momento de manipular el producto. En caso de contacto con los ojos, enjuagar por lo menos 15 minutos con agua potable.

**MANTENGASE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.**

**ELIMINACIÓN DEL ENVASE:**  
 Enjuagar el envase antes de ser reciclado. Cualquier inquietud póngase en contacto con la agencia regulatoria municipal o ambiental.

**USA:** Agro Research International LLC  
 Headquarters: 29203 State Road 46. Sorrento, FL 32776  
 Research center: 500 Technology Farm Drive. Geneva NY 14456. Phone: 407 302 6116  
[marc@agroresearchinternational.com](mailto:marc@agroresearchinternational.com)

**Colombia:** Agro Research International S.A.S

**Costa Rica:** Agro Technologies S.A.  
[www.agroresearchinternational.com](http://www.agroresearchinternational.com)

**Anexo 3.** Variables biométricas (media±EE) de largo de la hoja punto medio, ancho y espesor medidos a los 0, 14, 28 y 42 días en la hoja D de la planta después de aplicar el herbicida en las distintas dosis, en una plantación de piña orgánica en San Rafael, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

	0	14	28	42
Largo de la hoja punto medio (cm)				
Testigo	27,68±0,67 <sup>a</sup>	33,38±0,81 <sup>a</sup>	31,20±0,76 <sup>a</sup>	32,85±0,79 <sup>a</sup>
2,5	27,15±0,47 <sup>a</sup>	32,44±0,57 <sup>a</sup>	30,49±0,54 <sup>a</sup>	31,91±0,56 <sup>a</sup>
5	27,01±0,47 <sup>a</sup>	31,74±0,57 <sup>a</sup>	29,96±0,54 <sup>a</sup>	31,29±0,56 <sup>a</sup>
7,5	27,30±0,47 <sup>a</sup>	32,03±0,57 <sup>a</sup>	30,13±0,54 <sup>a</sup>	31,35±0,56 <sup>a</sup>
10	27,28±0,47 <sup>a</sup>	32,38±0,57 <sup>a</sup>	30,50±0,54 <sup>a</sup>	31,66±0,56 <sup>a</sup>
Ancho (mm)				
Testigo	39,28±1,22 <sup>a</sup>	44,86±1,27 <sup>a</sup>	43,41±1,29 <sup>a</sup>	44,21±1,28 <sup>a</sup>
2,5	39,54±0,86 <sup>a</sup>	44,27±0,90 <sup>a</sup>	43,63±0,91 <sup>a</sup>	43,66±0,92 <sup>a</sup>
5	39,35±0,86 <sup>a</sup>	43,93±0,90 <sup>a</sup>	42,97±0,91 <sup>a</sup>	43,42±0,92 <sup>a</sup>
7,5	39,09±0,86 <sup>a</sup>	43,60±0,90 <sup>a</sup>	42,22±0,91 <sup>a</sup>	42,93±0,92 <sup>a</sup>
10	40,61±0,86 <sup>a</sup>	45,04±0,90 <sup>a</sup>	43,92±0,91 <sup>a</sup>	44,55±0,92 <sup>a</sup>
Espesor (mm)				
Testigo	2,13±0,05 <sup>a</sup>	2,48±0,06 <sup>a</sup>	2,31±0,06 <sup>a</sup>	2,30±0,04 <sup>a</sup>
2,5	2,14±0,03 <sup>a</sup>	2,41±0,04 <sup>a</sup>	2,34±0,04 <sup>a</sup>	2,29±0,03 <sup>a</sup>
5	2,09±0,03 <sup>a</sup>	2,43±0,04 <sup>a</sup>	2,34±0,04 <sup>a</sup>	2,31±0,03 <sup>a</sup>
7,5	2,11±0,03 <sup>a</sup>	2,38±0,04 <sup>a</sup>	2,37±0,04 <sup>a</sup>	2,27±0,03 <sup>a</sup>
10	2,20±0,03 <sup>a</sup>	2,40±0,04 <sup>a</sup>	2,37±0,04 <sup>a</sup>	2,28±0,03 <sup>a</sup>

EE: Error estándar. <sup>a</sup> Misma letra en la misma columna por cada variable indica que no hay diferencias entre los tratamientos. P>0,05.