

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Efecto del acolchado plástico y de la aplicación de acondicionadores de suelo y bioestimulantes radiculares sobre la biomasa de piña (*Ananas comosus*) a la etapa de inducción floral en Guatuso de Alajuela, Costa Rica.

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Desarrollo Integrado de Regiones Bajo Riego para optar al grado y título de Maestría Profesional en Desarrollo Integrado de Regiones Bajo Riesgo

Carolina Judith Arrieta Ruiz

Karina Treminio Jiménez

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

Sede de Guanacaste, Costa Rica

2021

## **Dedicatoria**

A Margarita Chavarría Coronado, mi abuela, quien siempre me ha apoyado y a confiado en mí, a Omar Arrieta Rodríguez, mi abuelo, gracias por estar en los momentos buenos y no tan buenos, cuidándome. A mi papá Ridley Arrieta Chavarría, por ser el hombre que me ha enseñado lo que es el amor incondicional.

A mi mamá Shirley Ruiz Vega, por apoyar mis ideas, a mi hermana Pamela y mis hermanos Ridley y Ariel, por darme la seguridad y confianza que a veces necesito y a mis sobrinas Ivanna, Luciana y Oriana, gracias por ayudarme a ser una mejor persona.

Carolina Arrieta Ruiz

## **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedico a Dios por haberme dado esta vida, así como las herramientas y el espíritu para salir adelante frente a las adversidades.

A mi madre Libia Jiménez y mi padre Víctor Treminio por apoyarme y guiarme incondicionalmente en todos mis proyectos y ser siempre mi soporte.

A mi pequeña hermana Yenci, por siempre impulsarme a superarme cada día y creer siempre en mí.

Karina Treminio Jiménez

## **Agradecimientos**

Primeramente, agradecer a Karina, por su amistad y por ser una excelente compañera, por su guía y apoyo para la realización de este trabajo.

Al profesor Mario Morales, por su paciencia y guía en la elaboración de este proyecto, a la profesora Marcela Vargas Sibaja, por siempre estar anuente a resolver cualquier duda que se presentara y al profesor Jairo Mora, por dedicar parte de su tiempo para revisar y aportar de su conocimiento a este proyecto.

A la Finca Agropecuaria Vásquez y Zúñiga por brindarnos el espacio para la realización de la parte experimental de campo y a cada colaborador que nos ayudó a la obtención de los datos.

A mis compañeros de maestría que durante el ciclo lectivo de una u otra manera fueron un soporte para lograr avanzar y disfrutar de este camino. Gracias a Roberto Ramírez por dedicar parte de su tiempo a aclarar dudas y guiarnos en el formato de este proyecto.

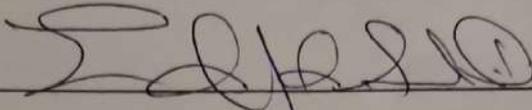
A toda la familia Rodríguez Quesada, a doña Teresa, Don Sergio, a sus hijos Jonathan, José David, Andrés, por hacerme sentir parte de su familia y en especial a Abisaí Rodríguez Quesada, por su apoyo incondicional, por ayudarme, por estar presente y confiar en mí.

Y a cada persona que de alguna u otra manera con su presencia hizo que este trabajo se realizará.

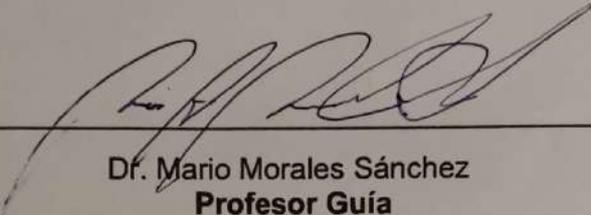
## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a mi compañera Ing. Carolina Arrieta por tanto apoyo para la realización de este proyecto, por su amistad y su apoyo durante todo este tiempo compartido. Al Dr Mario Morales por la dedicación y haber compartido tanto conocimiento y guía durante tantos años. A la estimada MGA Marcela Vargas y al Ing Jairo Mora por toda la ayuda brindada, por último, a los responsables de Agropecuaria Vásquez y Zúñiga por permitirnos realizar este trabajo en su finca en tiempos tan difíciles como ha sido esta pandemia.

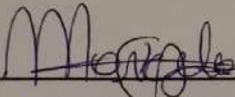
"Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Desarrollo Integrado de Regiones Bajo Riesgo de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Desarrollo Integrado de Regiones Bajo Riesgo."



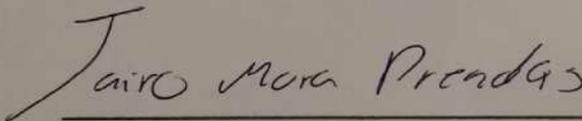
M.Sc. Edwin Solórzano Campos  
**Representante de la Decana  
Sistema de Estudios de Posgrado**



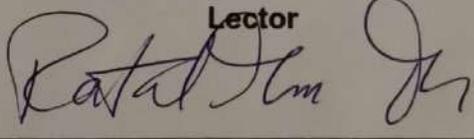
Dr. Mario Morales Sánchez  
**Profesor Guía**



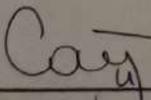
MGA. Marcela Vargas Sibaja  
**Lectora**



M.Sc. Jairo Mora Prendas  
**Lector**



MAG. Rafael Mata Chinchilla  
**Representante del Director del Programa de Posgrado en Desarrollo Integrado  
de Regiones Bajo Riesgo**



Carolina Judith Arrieta Ruiz  
**Sustentante**



Karina Treminio Jiménez  
**Sustentante**

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iv
Hoja de aprobación .....	vi
Resumen .....	x
Summary .....	xi
Índice cuadros .....	xii
Índice figuras .....	xv
Introducción .....	1
1.1 Justificación .....	3
Objetivos .....	5
2.1 Objetivo general: .....	5
2.2 Objetivos específicos: .....	5
Marco teórico .....	6
3.1 Generalidades del cultivo de piña ( <i>Ananas comosus</i> ): .....	6
3.2 Cultivo de piña híbrido MD-2 .....	8
3.3 Manejos de campo que favorecen el crecimiento previo a la etapa de inducción floral. ....	9
3.4 inducción floral .....	11
3.5 Manejo de residuos .....	12
Materiales y métodos .....	14
4.1 Tipo de Investigación. ....	14
4.2 Tipo de paradigma .....	14
4.3 Descripción del lugar de estudio .....	18
4.4 Descripción de los tratamientos evaluados y del diseño experimental. ....	19
4.5 Descripción de la unidad experimental .....	20

4.5 Descripción del manejo convencional de finca. ....	21
4.6 Descripción del acondicionador y bioestimulantes utilizados en el tratamiento dos y preparación de la solución aplicada. ....	22
4.7 Descripción del proceso de inducción floral (forza) y criterio para clasificar plantas pequeñas, medianas y grandes. ....	23
<b>Resultados.....</b>	<b>25</b>
5.1 Evaluación del crecimiento de raíces bajo dos diferentes manejos de campo. ....	25
5.1.1 Peso fresco y seco de raíz de piña, híbrido MD-2 a los 100 días después de siembra. ....	25
5.1.2 Longitud de raíz de piña, híbrido MD-2, a los 100 días de siembra. ....	26
5.2. Evaluación de la producción de la biomasa aérea de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo. ....	26
5.2.1 Peso fresco de las plantas de piña, híbrido MD-2 pequeñas, medianas y grandes a los 6 meses después de siembra.....	26
5.2.2. Porcentaje de plantas que alcanzaron el criterio de inducción floral a los seis meses después de siembra. ....	27
5.2.3 Peso fresco de las plantas de piña, híbrido MD-2 pequeñas, medianas y grandes a los 8 meses después de siembra.....	29
5.2.4. Porcentaje de plantas que alcanzaron el criterio de inducción floral a los ocho meses después de siembra.....	29
5.3. Evaluación del crecimiento de hojas de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo.....	31
5.3.1 Peso fresco y peso seco de hoja D de la planta de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo a los 8 meses después de siembra. .....	31
5.3.2 Largo y ancho de la hoja D de la planta de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos a los 8 meses después de siembra. ....	31

<b>5.4 Evaluación del crecimiento del tallo de la planta de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo. ....</b>	<b>32</b>
<b>5.4.1 Diámetro y altura de tallo de la planta de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo a los 8 meses después de siembra.....</b>	<b>32</b>
<b>5.5 Análisis de costos. ....</b>	<b>33</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>39</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>41</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>45</b>

## Resumen

Se evaluaron dos técnicas de manejo para la plantación de piña, variedad Golden, híbrido MD-2, en la Finca Agropecuaria Vásquez y Zúñiga, situada en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, durante los meses de diciembre del 2019 a octubre del 2020. El objetivo de la investigación fue evaluar alternativas de manejo del cultivo de piña (*Ananas comosus*) que favorezcan el desarrollo radicular y el crecimiento de plantación en desarrollo hasta la inducción floral de una primera cosecha. Para esto se planteó la utilización de bioestimulantes radiculares en conjunto con acondicionadores de suelo (T2), el uso de acolchado plástico (T3) y un tratamiento testigo (T1). Los tratamientos se dispusieron en el campo completamente aleatorizados y se evaluó con cuatro repeticiones. Se efectuaron mediciones de peso fresco de planta, de longitud y ancho de hoja D, peso fresco y seco de raíces, longitud de raíces y peso de tallos. Como principales resultados se obtuvo que: el tratamiento con acolchado plástico (T3) presentó el mayor peso fresco y seco de raíz, la mayor longitud de raíz a los 100 días después de la siembra lo presentó el tratamiento con acolchado plástico (T3), el peso fresco de las plantas a los seis y ocho meses después de siembra no difirió en los distintos manejos. La medición de hoja D a los 8 meses después de siembra no presentó diferencias significativas entre tratamientos, así como la medición de diámetro y altura de tallo. La aplicación de bioestimulantes de suelo y de raíz y el acolchado plástico influyeron en el número total de plantas con peso a fuerza a los 8 meses después de siembra y se diferencian del tratamiento testigo. El mayor incremento en los costos se dio en el tratamiento de acolchado plástico, con un incremento de 28,4% sobre los costos básicos de finca, seguido del uso de bioacondicionadores y bioestimulantes de raíz con un incremento de costos de 5,8%.

**Palabras clave:** raíz de piña, fitohormonas, acolchado plástico, rentabilidad, inducción floral.

## Summary

Two agronomic practices were evaluated in pineapple crop (var. Golde, MD-2) at Finca Agropecuaria Vásquez y Zúñiga in Samen, Guatuso, Alajuela, and the experiment was evaluated between December 2019 to October 2020. The research aim was to evaluate agricultural practices alternatives in pineapple (*Ananas comosus*) in order to stimulate roots and plant growth until first-year floral induction. Roots bio-stimulants were evaluated with soil conditioners (T2), plastic mulch (T3) and normal agriculture practices as a control (T1). It was used the completely randomized experimental design with four repetitions on field. Also, the fresh plant biomass, length and width of D-leaf, root fresh and dry biomass, roots length, and stems biomass were evaluated. It was found that T3 showed the biggest biomass (fresh and dry), and root length at 100 days after sowing. Further, fresh biomass did not have differences with the other treatments (T1, T2) at 6 and 8 months after sowing (m.a.s.). Also, treatments did not show significant statistical differences ( $\alpha < 0.05$ ) with D-leaf and stems measurements at 8 m.a.s. In addition, it was found Roots bio-stimulants and plastic mulch have an influence with total plant number with minimal weight for floral inductions in comparison with control (T1) at 8 m.a.s. In conclusion, the use of plastic mulch and roots bio-stimulants increase the agricultural production costs in 28.4% and 5.8% respectively in comparison with normal agriculture practices (T1).

Key words; Pineapple roots, Phytohormones, plastic mulch, cost effectiveness, floral induction.

## Índice cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Matriz de operacionalización de las variables de la investigación.....	15
<b>Cuadro 2.</b> Descripción de los tratamientos evaluados.....	20
<b>Cuadro 3.</b> Fuentes de fertilizantes, descripción y dosis en kilogramos de producto por hectárea utilizadas en el tratamiento testigo en la etapa de desarrollo de cultivo.....	21
<b>Cuadro 4.</b> Peso en libras para clasificar la categoría de la planta de piña en la Finca Agropecuaria Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.....	24
<b>Cuadro 5.</b> Peso fresco y seco de raíz de piña, híbrido MD-2 en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), y tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 100 días después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.....	25
<b>Cuadro 6.</b> Longitud de raíz de piña, híbrido MD-2, a los 100 días después de siembra, en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), y tratamiento de acolchado plástico (T3). Guatuso, Costa Rica, 2020.....	26
<b>Cuadro 7.</b> Peso de planta de piña, híbrido MD-2, en las clases pequeñas, medianas y grandes en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 6 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.....	27
<b>Cuadro 8.</b> Porcentaje de plantas de piña, híbrido MD-2, que alcanzaron el peso de fuerza clasificadas como pequeñas, medianas y grandes en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 6 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.....	28

<b>Cuadro 9.</b> Peso de planta de piña, híbrido MD-2, pequeñas, medianas y grandes en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.....	29
<b>Cuadro 10.</b> Porcentaje de planta de piña, híbrido MD-2, que alcanzaron el peso de fuerza clasificadas como pequeñas, medianas y grandes en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.....	30
<b>Cuadro 11.</b> Peso fresco y seco de la hoja D de piña, híbrido MD-2, en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2) y tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.....	31
<b>Cuadro 12.</b> Largo y ancho promedio en hoja D de la variedad MD-2 de Ananas comosus según Tratamiento testigo (T1), Tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), Tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.....	32
<b>Cuadro 13.</b> Diámetro y altura de tallo de la planta de piña, híbrido MD-2 en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2) y tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.....	32
<b>Cuadro 14.</b> Costos de producción (US\$) de una hectárea de piña, híbrido MD-2 hasta inducción floral en la Finca Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Costa Rica, 2020.....	33
<b>Cuadro 15.</b> Costos de producción (US\$) por hectárea con el uso de bioestimulantes en la Finca Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Costa Rica, 2020.....	34

**Cuadro 16.** Costos de producción (US\$) por hectárea del uso de acolchado plástico, en la Finca Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Costa Rica, 2020.....34

**Cuadro 17.** Resumen de costos de producción por hectárea de tres manejos de campo evaluado en la Finca Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Costa Rica, 2020.....35

## Índice figuras

**Figura 1.** Área experimental del experimento.....18

**Figura 2.** Croquis del área experimental con la distribución de tratamientos y repeticiones.....19



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Carolina Judith Arrieta Ruiz, con cédula de identidad 503620101, en mi condición de autor del TFG titulado Efecto del acolchado plástico y de la aplicación de acondicionadores de suelo y bioestimulantes radiculares sobre la biomasa de piña (Ananas comosus) a la etapa de inducción floral en Guatuso, Abajuela, Costa Rica

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Navina Treminio Jimenez, con cédula de identidad 114200929, en mi condición de autor del TFG titulado Efecto del acolchado plástico y de la aplicación de acondicionadores de suelo y bioestimulantes radiculares sobre la floración de plátano (Musa sapientum) en etapa de inducción floral en Guadalupe de Abajo, Costa Rica

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## Introducción

La planta de piña (*Ananas comosus*) es una monocotiledónea herbácea y perenne, originaria de América del Sur de la región de Mattogroso, entre Uruguay y Brasil. Su inflorescencia puede contener entre cien y doscientas flores colocadas en forma espiral, fusionadas al eje; el fruto maduro se obtiene ciento treinta y cinco días después de haber emergido la flor (Morga, 2013). Según sea la variedad de la piña, el fruto asume una forma cilíndrica o piramidal, su peso se ve influenciado por la variedad, densidad de siembra, el clima y el manejo brindado a la plantación (Madhuri 2012).

En Costa Rica se cultiva la piña desde hace más de 60 años, la producción era de manera tradicional y la cosecha se destinaba al consumo nacional. Sin embargo, en el año 2000 con la liberación de la variedad Golden, híbrido MD-2, inicia el crecimiento acelerado del sector, lo cual respondió a la oportunidad de exportación de la piña de Costa Rica al mercado europeo, que aumentó tanto las hectáreas de cultivo como la cantidad de productores (CANAPEP, 2018). A nivel mundial para el año 2007, las importaciones mundiales de piña alcanzaron los 2,5 millones de toneladas, Estados Unidos, Bélgica y Países Bajos fueron los principales países importadores (Elizondo, 2010). En la actualidad la piña se coloca como el cuarto cultivo económicamente más importante en los países productores de los trópicos (Jacobs *et al.* 2010).

Para el año 2018 Costa Rica fue el principal exportador de piña fresca a nivel mundial con 3.418.155 toneladas de producción al año, en 44.500 hectáreas de cultivo, con un rendimiento de 76.812 kg/hectárea, colocándose por encima de Brasil, Filipinas, Tailandia e Indonesia (CANAPEP, 2018). El sector piñero es uno de los más importantes para la economía del país; en 2015 éste representó el 31% del PIB Agrícola, el cual conforma el 8% del PIB total de Costa Rica (CANAPEP 2018).

La producción de piña en Costa Rica esta favorecida por la estabilidad política del país, la calidad de mano de obra local, así como por las buenas condiciones climáticas y geográficas, dando como resultado altos rendimientos. Sin embargo,

las prácticas de producción se han enfocado a la fertilización, control químico de plagas, de enfermedades y al manejo de arvenses, pero se dejó de lado el manejo del recurso suelo; lo anterior debido a que se mantenía la idea de que el suelo sólo cumple con la función de sostén para el cultivo, puesto que los aportes de fertilización se realizan de manera foliar o dirigida a la axila de las hojas (Vizcaíno, Betancourt. 2012).

Con el paso del tiempo el mismo sistema de producción ha obligado a los técnicos a darle importancia a la relación suelo – planta; hoy día se incluyen en los manejos de fincas prácticas de conservación de suelos, uso de microorganismos benéficos, labranza mínima e incorporación de materia orgánica. No obstante, no se tiene claro las limitaciones y los beneficios que éstas prácticas tienen sobre el desarrollo del sistema radicular de la piña y como éste repercute en el establecimiento y desarrollo de la planta (Elizondo.2010)

Una de las prácticas más utilizadas, principalmente en la producción de piña orgánica, es la utilización de acolchados plásticos con el objetivo de evitar la germinación de plantas no deseadas y por ende la no aplicación de herbicidas, que se encuentran regulados en la producción de productos orgánicos; pero, esta práctica se ha extendido también a la producción de piña convencional, para favorecer el desarrollo del sistema radicular (Rodríguez. 2013).

Por otra parte, la utilización de plástico en grandes áreas de producción ha sido cuestionado, principalmente por el manejo inadecuado de los desechos después de la cosecha, de manera que se necesita estudiar alternativas que causen efectos similares o mejores a los obtenidos con el acolchado plástico, pero que no tengan repercusiones sobre el medio ambiente (O´neal. 2018)

Debido a estas razones surge la interrogante ¿es estrictamente necesario la utilización de plástico en el cultivo de piña o se pueden obtener resultados similares mediante otro tipo de tecnologías, como es el caso de bioestimulantes que regulen la dinámica radicular del cultivo de piña?

## 1.1 Justificación

El cultivo de piña es una actividad que representa empleo y divisas al país, sin embargo, ha habido controversia a nivel general por su impacto ambiental. Por esta razón es importante realizar trabajos de investigación que generen información de valor para lograr el balance entre la parte socio-ambiental y la parte económica.

Se han realizado esfuerzos para desarrollar alternativas tecnológicas para los principales problemas visualizados, como los brotes de mosca del establo en el manejo del rastrojo que produce el cultivo, para lo cual se han buscado soluciones que van desde el control químico de la plaga hasta la utilización de barreras físicas que evitan el contacto del insecto con los residuos de piña. Otro tema relevante que ha surgido en los últimos años en la producción de piña en Costa Rica es la reducción del uso de agroquímicos, para lo cual se ha creado una nueva certificación denominada “Piña libre de residuos de pesticidas”, que favorece el precio final del producto a las compañías que realizan esfuerzos para eliminar moléculas como carbamatos, organofosforados, organoclorados, ditiocarbamatos entre otras y que asegura que la fruta que se ofrece cuente con los límites mínimos de residuos permitidos tanto para Europa como para Estados Unidos.

Esta investigación se enfoca en otro tema de importancia, el mejoramiento del sistema radicular del cultivo, en particular el mejoramiento de las condiciones del suelo en que se desarrolla la plantación, tanto en la parte física, química como en la microbiológica a través del uso de bioestimulantes de raíz y el acolchado del suelo (colocación de plástico).

La relevancia de realizar este trabajo radica en la búsqueda de prácticas que permitan obtener un mayor desarrollo de raíces en el cultivo, que se vea reflejado en mayores ganancias de peso de planta en el menor tiempo posible previo a inducción floral.

La utilización de los bioestimulantes ofrecería al productor una alternativa al uso de plásticos, que no pueden reusarse y que su incineración no es permitida por las

certificaciones ambientales con que trabajan las empresas piñeras; lo anterior lleva a que los plásticos se acumulen en el campo sin un adecuado manejo.

## **Objetivos**

### **2.1 Objetivo general:**

Evaluar la relación entre el desarrollo radicular y el peso de la planta de piña (hibrido MD-2) para alcanzar la inducción floral, con dos técnicas diferentes de manejo de campo en Guatuso de Alajuela, Costa Rica.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Medir el desarrollo radicular como peso fresco y peso seco y el crecimiento de las plantas de piña (hibrido MD-2) como biomasa fresca a la etapa de inducción floral, con dos manejos de campo, a saber, acolchado plástico y aplicación de acondicionadores de suelo y bioestimulantes radiculares en Guatuso de Alajuela, Costa Rica.
- Determinar si alguno de los manejos evaluados disminuye el tiempo de desarrollo vegetativo del cultivo de piña (hibrido MD-2) a la etapa de inducción floral en Guatuso de Alajuela, Costa Rica.
- Definir la factibilidad económica de los manejos evaluados a través de un registro de costos a la etapa de inducción floral.

## Marco teórico

### 3.1 Generalidades del cultivo de piña (*Ananas comosus*):

Según Ávila *et al*, (2018) la planta de piña es originaria de Brasil, en el año 1535 se introduce la piña en Europa, inicialmente en España, luego Francia y unos años más tarde se introduciría en África y para finales del siglo XVII ya el cultivo estaba establecido en las regiones tropicales del mundo. A inicios del siglo XX Hawái se consolida como pionero en producción y comercialización de piña fresca y enlatada; en 1920 por una grave incidencia del mal de Wilt (virus) muchas compañías trasladan operaciones a países como Kenia y Filipinas. En la década de los '50 se comenzó a desarrollar la producción en Sur y Centro América; entre 1960 y 1970 Hawái disminuye su actividad piñera y se fortalece Brasil, que se convirtió en uno de los mayores productores del mundo, pero mayoritariamente para consumo local. Ya para la década entre 1970 y 1980 comienza el auge del mercado piñero de Costa Rica, una década más tarde se empezará a comercializar la variedad Golden, híbrido MD-2, la cual se consolida a partir del año 2000 con auge en los mercados estadounidense y europeo, los cuales se han mantenido hasta la actualidad como los dos mercados más demandantes de piña fresca a nivel mundial (Garita, 2014).

La piña es una planta monocotiledónea, herbácea y perenne que pertenece a la familia de las bromeliáceas. Consta de raíces cortas delgadas y con muchas raicillas superficiales ubicadas en los primeros 15 cm. del suelo, puede llegar a profundizar hasta los 60 cm (Vásquez y Torres 2006). Las hojas del híbrido MD-2 solo tienen espinas en las puntas, pueden llegar a medir hasta 120 cm. y son de color verde esmeralda, una planta adulta puede llegar a tener entre 70 y 80 hojas, éstas tienen una conformación acanalada que permiten llevar el agua hasta las partes bajas de la planta para que pueda ser absorbida por la raíz. El tallo de la planta de piña posee forma de mazo de entre 30 y 60 cm. de altura, de éste brotan los diferentes tipos de hijos.

Una de las características principales del tallo de la planta de piña es la presencia de raíces adventicias rompiendo a través de la epidermis y creciendo alrededor del tallo entre las hojas (Bartholomew *et al*, 2003).

El pedúnculo une el fruto a la planta y puede generar hijos basales. La inflorescencia puede llegar a presentar entre 100 y 200 florecillas de color lavanda, estas se originan en el extremo superior del tallo; las flores darán paso a la formación del fruto que consta de 100 o más bayas carnosas que forman la estructura de pequeños cuadros duros y cerosos en la parte exterior pero que en su interior estarán estrechamente unidos; en el híbrido MD-2 su fruto es dulce y jugoso de un color verde amarillento con una pulpa firme, muy aromática y de color amarillo intenso (Nolasco 2014).

El sistema radicular de la planta de piña se divide en dos tipos: las raíces del suelo y las raíces adventicias. Las raíces de suelo pueden extenderse de 1 a 2 metros y penetrar hasta 80 cm. Una planta recién sembrada iniciará su enraizamiento a los 20 días, se pueden encontrar desde 40 raíces en etapas iniciales hasta un total de 130 poco antes de la etapa de floración. Si las raíces están dañadas o muertas se afecta gravemente la absorción de agua y nutrimentos, debido a que es a través de los pelos absorbentes desarrollados en las raíces que la planta en condiciones naturales obtiene la mayoría de estos elementos (Ávila *et al*, 2018).

Por su parte las raíces adventicias son las que se desarrollan en las axilas de las hojas, pueden llegar a penetrar el suelo si las hojas más viejas mueren o declinan; estas raíces pueden llegar a absorber gran parte del agua y agroquímicos en especial los que son aplicados mediante la aspersión (Ávila *et al*, 2018).

García (2008) cita que la planta de piña se clasifica como un cultivo perenne, siendo una planta herbácea, monocotiledónea, que presenta un porte bajo, las hojas son lanceoladas, de cutícula rígida y que pueden llegar a alcanzar hasta un metro de longitud. El tallo, posee yemas que favorecen la reproducción vegetativa, las cuales llegan a formar nuevas plantas, además el tallo tiene como función

almacenar los nutrientes que la planta produce en las hojas y que durante la fructificación serán traslocados al fruto (López, 2016).

Generalmente, el sistema radicular en piña es muy superficial y durante años no se han realizado mayores esfuerzos por brindar el desarrollo adecuado del mismo, teniendo como principal función del sistema radicular solamente el anclaje de la plantación, dejando de lado la importancia de la raíz en el equilibrio hormonal de la planta y el abastecimiento de agua y nutrimentos. Guido (1983) citado por Rodríguez (2013) menciona que las raíces son cortas, gruesas y crecen superficialmente en el perfil del suelo, se considera que la mayor concentración de raíces se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad, los suelos bien aireados permiten un mejor desarrollo del sistema radicular.

### **3.2 Cultivo de piña híbrido MD-2**

MAG (2007) menciona que la producción de piña, híbrido MD-2 en Costa Rica se inició a finales de los años de 1970, y las primeras exportaciones se realizaron a inicios de 1980, con el proyecto de 8 exportaciones de la empresa PINDECO (Del Monte). A éste híbrido se le conoce también como piña amarilla o dorada, e indica que esta piña a nivel comercial posee mucho éxito debido a su sabor dulce y jugoso.

Este cultivo es un híbrido, así la FAO (2020) lo define como el cruce de dos variedades diferentes, lo que quiere decir que cada variedad posee una característica deseada y al cruzarlas se logra obtener un nuevo cultivo con las características que solicita el mercado. En este caso la piña dorada es muy cotizada en el mercado internacional por presentar el tamaño y sabor que el cliente final desea.

Rodríguez (2013) en su estudio indica que el peso seco de las raíces incrementa levemente en el tercer y quinto mes después de la siembra y el mayor incremento de peso seco de la raíz se da a partir del séptimo mes después de siembra.

### **3.3 Manejos de campo que favorecen el crecimiento previo a la etapa de inducción floral.**

El componente suelo se trabaja para tener las condiciones óptimas para un adecuado desarrollo de las raíces; es en este momento del plan del manejo técnico cuando se aplican los acondicionadores de suelo, que son materiales de enmienda para corregir limitantes de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo agrícola (Valencia *et al*,2007).

Un suelo con las características apropiadas favorece un mejor desarrollo radicular y principalmente favorece la presencia de pelos absorbentes, que la FAO (2016) define como los filamentos que posee una raíz principal y que son realmente los que absorben agua y sales minerales. En este mismo sentido, es importante el muestreo rizosférico, que el MAG (2020) explica como un análisis que brinda información relevante sobre la presencia de microorganismos en la zona de la raíz que contribuyen al mantenimiento de la productividad, porque estos transforman nutrientes inorgánicos, que de otra forma no pueden ser absorbidos por la planta y que favorecen la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Harman (2006) citado por Arias (2016) indica que en la estimulación del desarrollo de las plantas las raíces juegan un papel importante, dado que se encuentran directamente relacionadas y además pueden afectar positivamente la rizosfera, que es el sitio donde los microorganismos benéficos se establecen y realizan las relaciones simbióticas con las plantas, generando beneficios como la absorción y solubilización de los nutrimentos, la estimulación radicular y la producción de fitohormonas para defensa de la planta.

Las plantas se encuentran en capacidad de atraer estos organismos benéficos que contribuyen a un óptimo desarrollo de las plantas, sin embargo, para esto es necesario brindarle las condiciones a los microorganismos, que favorezcan la inoculación, propagación y mantenimiento de los mismos, tanto a nivel de condiciones físicas, químicas de los suelos como el manejo de plaguicidas que puedan ir en detrimento del desarrollo del sistema radicular como de las

poblaciones de organismos benéficos (Berg y Smalla, 2008 citado por Arias, 2016).

Por otra parte, con el objetivo de favorecer el desarrollo radicular en el cultivo se utiliza mucho el acolchado plástico, pues brinda protección física al suelo, regula las temperaturas del mismo y se utiliza contra la germinación y el desarrollo de las arvenses. Colocar plástico sobre el área de cultivo asegura mantenerlo sin presencia de arvenses en el periodo más crítico y a su vez minimiza la carga química al disminuir aplicaciones de herbicidas, además disminuye la erosión al evitar la pérdida de suelo por condiciones de viento y agua; cabe mencionar que dependiendo del objetivo final así se escoge la coloración del plástico (M. Vásquez, comunicación personal, 2020). En el caso de México, el acolchado plástico es una práctica altamente utilizada por los productores de piña, cuyo objetivo es mantener la humedad del suelo, puesto que los regímenes de lluvias en las regiones piñeras de México son muy bajos en comparación con Costa Rica (Rodríguez, 2013).

A nivel comercial se utilizan productos que ayudan a la plantación a mejorar ciertos procesos metabólicos de manera estratégica; es normal que las empresas utilicen hormonas vegetales o fitohormonas, que son diversas moléculas orgánicas que la misma planta produce para regular sus procesos fisiológicos. Los agrónomos utilizan la hormona sintética para mejorar los cultivos, acortar el tiempo de cosecha, inducir la floración, estimular la producción de raíces, así como aumentar el rendimiento de las cosechas (UNED 2019)

La distribución de auxina en las raíces interviene tanto en la formación como en la disposición de cada meristemo radical; la formación de nuevas raíces está coordinada con la de nuevas hojas, proceso realizado mediante la auxina y a su vez estos procesos se relacionan con la diferenciación y la dimensión de nuevas conexiones vasculares entre estos órganos (Alcántara *et al*, 2019).

Las citoquininas se sintetizan principalmente en la raíz y desempeñan un papel fundamental en la división celular, pero son el ácido indolacético (AIA) y el ácido

abscísico (ABA) las sustancias que influyen directamente sobre el crecimiento de la raíz. Los contenidos de estas dos sustancias varían según la velocidad de crecimiento y desarrollo; así se tiene que raíces con tasa mayor de elongación presentan los niveles más bajos tanto de AIA como de ABA (Alcántara *et al*, 2019).

Cualquier factor que reduzca la velocidad de crecimiento de las raíces, como por ejemplo la compactación u obstáculos como piedras, provocan inmediatamente un fuerte aumento de los contenidos endógenos de ABA. Es probable que este mayor contenido endógeno de hormonas en las raíces con crecimiento más lento refleje una actividad metabólica reducida (Campos, 2006).

Por otra parte, el etileno es la fitohormona que interviene en la inducción de la floración de las plantas de piña de forma natural, pero se aplica también de forma directa a la planta para poder acelerar el proceso metabólico de la planta y así también lograr uniformidad en la plantación y una mejor logística de la cosecha (Arias y López, 2007).

### **3.4 inducción floral**

Para FAO (2005) la floración natural de la piña en plantaciones comerciales ocasiona serias pérdidas económicas y causa desorganización en la producción. Por lo cual, en el cultivo de piña se da la inducción floral (forza), para lograr una floración homogénea y así lograr que la etapa de cosecha se dé en un sólo momento.

Viscaíno, Betancurt (2012) mencionan que con la inducción floral por medios externos se logra tener una serie de ventajas como el acortamiento del ciclo vegetativo de la planta, sincronización y uniformidad de la floración y fructificación, ayuda a planear o programar la cosecha, permite el ahorro de mano de obra para realizar la cosecha, permite regular la oferta y asegurar un flujo continuo de fruta a través del año.

Morga (2003) indica que la inducción floral depende de factores como la densidad de población, edad y peso de las plantas, que a su vez se encuentra relacionado

con el desarrollo radicular que presenten, época del año, ubicación geográfica, nivel de nitrógeno en la planta, temperatura ambiental, hora del día, variedad, dosis y volumen de aplicación y dosis del agente inductor.

Por esta situación es que las piñeras trabajan y realizan un manejo muy detallado para lograr que la producción sea lo más alta posible y homogénea.

Arias y López (2007) indican que el momento para forzar la plantación es cuando el 70% de las plantas de piña alcanzan un peso entre 5 y 7 libras (2267g a 3175g) lo cual ocurre a los 8 meses después de siembra en promedio.

### **3.5 Manejo de residuos**

Hussain y Hamid (2003) indican que el consumo mundial de plásticos en la agricultura y áreas relacionadas para ese cultivo es de 2.48 millones de toneladas al año. Estos autores proponen que se deben buscar alternativas más amigables con el medio ambiente, que favorezcan el mejor desarrollo del cultivo, pero que su vez no produzcan la contaminación ambiental por el uso de coberturas plásticas en cultivos como melón, hortalizas y piña.

El manejo de residuos del plástico en las fincas productoras de piña resulta complicado, ya que al permanecer en el campo tras dos años aproximadamente, el material cumple su vida útil y por lo general se rompe en pedazos, por lo que a la hora de retirarlo de las camas parte del material queda en campo, el cual es incorporado en la preparación, sin embargo la mayoría del plástico debe ser retirado del campo, lavado y secado para que pueda ser entregado a las compañías que realizan el reciclaje de estos materiales.

Sin embargo, en los últimos años la recolección de parte de las recicladoras se ha complicado, ya que solicitan a las fincas que el material este completamente libre de residuos de suelo y esto incurre en un costo elevado, de manera que han optado por almacenar este material en algún sitio específico de las fincas, porque las certificaciones no permiten la incineración del plástico, por lo que se ha convertido en un problema a nivel de manejo. En la actualidad se encuentra en estudio alternativas de acolchados que brinden las ventajas del plástico, pero que

sean biodegradables en el tiempo, sin embargo, el costo de las mismas es elevado y no se ha logrado la misma cobertura en el tiempo (R. Chavarria, comunicación personal, 2020)

## **Materiales y métodos**

### **4.1 Tipo de Investigación.**

La investigación es de tipo cuantitativa; se basa en el estudio de diferentes variables, las cuales son características de interés para el objetivo planteado que además adquieren diferentes valores para los diferentes tratamientos. Esto permite conocer el comportamiento de las variables ante los factores en estudio, según el planteamiento del problema, derivado de una revisión de literatura y que concluye con la verificación de la hipótesis planteada.

### **4.2 Tipo de paradigma**

El paradigma de la evaluación es un paradigma positivista, pues como indica Ricoy (2006) un “paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico”.

Lo que indica que el paradigma positivista apoya la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis, ya sea por medios estadísticos o determinar una variable mediante la expresión numérica.

Con el objetivo de pasar del plano teórico a un plano operativo se planteó una matriz de operacionalización de las variables de la investigación, permitiendo medir las dimensiones de cada una de las variables en estudio (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Matriz de operacionalización de las variables de la investigación.

Objetivo específico	Variable	Conceptualización	Operacionalización	Instrumentación
Medir el desarrollo radicular como peso fresco y peso seco y el crecimiento de las plantas de piña (hibrido MD-2) como biomasa fresca a la etapa de inducción floral, con dos manejos de manejo de campo, a saber, acolchado plástico y aplicación de acondicionadores de suelo y bioestimulantes radiculares en Guatuso de Alajuela, Costa Rica.	Peso raíz	Peso fresco raíz por planta a los 100 días después de siembra <sup>1</sup>	Medición de peso de raíz fresco de tres plantas.	Balanza
		Peso seco raíz <sup>1</sup> por planta a los 100 días después de siembra.	Medición de peso de raíz seco de tres plantas.	Horno Balanza
	Longitud de raíz	Longitud de raíz <sup>1</sup> a los 100 días después de siembra.	Medición de longitud de raíces principales tres de plantas.	Regla

---

Determinar si alguno de los manejos evaluados disminuye el tiempo de desarrollo vegetativo del cultivo de piña (hibrido MD-2) a la etapa de inducción floral en Guatuso de Alajuela, Costa Rica.	Peso planta	Se medirá el peso de la planta a los 6 y 8 meses, después de siembra <sup>2</sup> .	Medición del peso fresco de planta y la clasificación por tamaño de muestreo	Balanza
	Largo de hoja D	Se medirá la longitud, desde la base hasta el ápice apical de la hoja D de cada planta a los 8 meses, después de siembra <sup>2</sup> .	Medición de cuatro plantas por unidad de muestreo	Regla
	Ancho hoja D	Se medirá el ancho en el primer tercio desde la base de la hoja D de la planta a los 8 meses, después de siembra <sup>2</sup> .	Medición de cuatro plantas por unidad de muestreo	Regla
	Altura y diámetro de tallos	Se medirá diámetro y altura de tallo de cada planta a los 8 meses, después de siembra <sup>2</sup> .	Medición de cuatro plantas por unidad de muestreo	Regla

---

---

Definir la factibilidad financiera de los manejos evaluados a través de un registro de costos a la etapa de inducción floral.	Análisis de costos	Registro de costos de cada tratamiento	Comparación de costos de cada tratamiento	Registro de costos de la empresa
---	--------------------	--	---	----------------------------------

---

Fuente: Elaboración propia, 2020.

1. Para la obtención de la muestra de raíz se extrajeron 3 plantas continuas de una misma cama, a las cuales se les realizó un lavado de raíz. Para la extracción se utilizó un palin para obtener la mayor cantidad de raíz y así evitar pérdidas de la muestra. Cada una se pesó para obtener peso seco y fresco. Se realizaron 2 puntos por repetición.
2. Para la obtención de las plantas de piña se extrajeron 4 plantas de raíz de manera aleatoria de cada tratamiento. Para la extracción se utilizó un palín.

### 4.3 Descripción del lugar de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la Finca Agropecuaria Vásquez y Zúñiga, situada en Samen de Guatuso, en la provincia de Alajuela; geográficamente se ubica bajo las coordenadas  $10^{\circ}41'37.24''$  N y  $84^{\circ}51'03.92''$  O, con una altura media de 150 msnm. La precipitación acumulada anual promedio es de 3442 mm, con temperatura mínima y máxima promedio anual de  $21.7^{\circ}\text{C}$  y  $29.57^{\circ}\text{C}$  respectivamente y media anual de  $25.6^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa promedio de 84.2%. En el periodo del experimento de campo de diciembre 2019 a agosto 2020, se presentó una temperatura máxima de  $36.3^{\circ}\text{C}$  y una temperatura mínima de  $19.2^{\circ}\text{C}$ , con una precipitación acumulada de 1732.48 mm y una radiación solar máxima de  $1299\text{ w/m}^2$ .

Los suelos corresponden al orden de ultisoles, de clase textural arcillosos, con colores rojos en su mayoría, de fertilidades bajas, donde predominan altos contenidos de hierro y manganeso y bajos contenidos de bases como el calcio, magnesio y potasio, junto a la presencia de pH's bajos y altas acideces de intercambio.



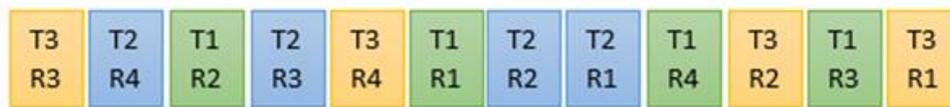
**Figura 1.** Área experimental del experimento.

**Tomado:** Google Earth, 2020.

#### 4.4 Descripción de los tratamientos evaluados y del diseño experimental.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, porque se comparó los tratamientos considerando sólo dos fuentes de variación: los tratamientos en sí y el error aleatorio.

Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones distribuidas aleatoriamente; en la siguiente figura se muestra la distribución final en el campo.



**Figura 2.** Croquis del área experimental con la distribución de tratamientos y repeticiones.

Fuente: Elaboración propia, 2020

El modelo lineal para la observación del tratamiento  $i$  en la parcela  $j$ ,  $Y_{ij}$ , ajustado por InfoStat es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = observación del tratamiento  $i$  en la parcela  $j$

$\tau_i$  = efecto del tratamiento  $i$

$\varepsilon_{ij}$  = término de error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$

Para estimar si las variables medidas tuvieron una distribución normal, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks.

Hecha la prueba de normalidad, para cada variable se realizó un análisis de varianza, que es un método estadístico que permite determinar si es necesario rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. En caso de encontrar diferencias significativas por tratamiento se aplicó el separador de medias D.M.S, con un grado de significancia de 0,05.

#### 4.5 Descripción de la unidad experimental

El material de siembra constó de hijos guía, de tamaño pequeño, con peso promedio de 500 g; los hijos de siembra fueron seleccionados en campo y pesados con balanza.

Cada unidad experimental tuvo un área de 200 m<sup>2</sup>, y en ella se sembraron 1520 plantas de piña de la variedad Golden, híbrido MD-2, a una distancia de 30 cm. entre planta, para una población de 76 000 plantas por hectárea, con un área total experimental de 2400 m<sup>2</sup>, cada repetición se encontraba separada por drenajes. De cada parcela experimental se excluyeron las tres camas de los bordes dejando una parcela útil de 140m<sup>2</sup>.

Los lotes recibieron el mismo manejo agronómico pre tratamientos, de acuerdo al paquete tecnológico de la finca (Cuadro 3) cabe recalcar que la utilización del acolchado plástico es el manejo convencional y permanente de la finca, pero luego de la siembra varió el manejo, según la descripción de los tratamientos (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción	Insumos
Testigo (T1)	No incluye ningún tipo de manejo o tecnología que favorezca el desarrollo del sistema radicular	
Acondicionadores de suelo y bioestimulantes radiculares (T2)	Aplicaciones durante las 28 semanas previo a la inducción floral	Promesol 5X®, Biofit RTU®, Radigrow® y Nutrisorb L®.
Acolchado Plástico (T3)	Manejo convencional de finca, se colocó plástico negro, sobre las camas preparadas previo a la siembra de la plantación.	Plástico color negro, 8 metros de ancho, 200 metros de largo, 1,3 milímetros de grosor.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

#### 4.5 Descripción del manejo convencional de finca.

**Cuadro 3.** Fuentes de fertilizantes, descripción y dosis en kilogramos de producto por hectárea utilizadas en el tratamiento testigo en la etapa de desarrollo de cultivo.

Fertilizantes	Descripción	Dosis
Ácido Cítrico Anhidro	99,90%	6,25
Urea	N 46%-P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> 0%-K <sup>2</sup> O 0%	844,00
Nitrato de amonio (N 33%-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0%-K <sub>2</sub> O 0%)	N 33%- P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> 0%- K <sup>2</sup> O 0%	1 124,00
Sulfato de Amonio	N 21%- P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> 0%- K <sup>2</sup> O 0%-S 24%	136,00
Polifosfatos	N 8%- P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> 30%- K <sup>2</sup> O 0%	250,00
MAP Soluble	N 12%- P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> 61%- K <sup>2</sup> O 0%	128,00
KCL Soluble	N 0%- P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> 0%- K <sup>2</sup> O 62%	996,00
Nitrato de Calcio	N 15.5 %- P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> 0%- K <sup>2</sup> O 0%- CaO 26.5%	254,00
Sulfato de zinc	Zn 35.5 % S 17.85%	48,20
Hierro quelatado con EDTA	N 8 % - Fe 11%	88,00
Sulfato de Hierro	Fe 20%-S 12%	132,50
Sulfato de Magnesio	16% MgO-S 12.7%	600,00
Ácido Bórico	B 17,5%	51,00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Las aplicaciones de fertilización se realizan a partir de los 7 días después de siembra, con intervalos de 14 días entre las aplicaciones, hasta alcanzar el peso de inducción floral requerido, para un total de 18 ciclos de fertilización hasta los 240 días después de siembra, además de la fertilización anteriormente mencionada no se realizan aplicaciones de productos específicos que favorezcan el desarrollo radicular del cultivo.

El manejo de plagas y enfermedades fue el mismo para los dos tratamientos a evaluar y el testigo.

#### **4.6 Descripción del acondicionador y bioestimulantes utilizados en el tratamiento dos y preparación de la solución aplicada.**

Para el tratamiento dos se utilizó un acondicionador de suelo, un promotor de la fertilidad biológica y dos bioestimulantes, según la propuesta de manejo. Los productos se mezclaron en una misma solución con la aplicación correspondiente de fertilizantes de finca y está se aplicó durante horas de la mañana de acuerdo con el programa planificado.

Promesol 5X® es un acondicionador de suelo, actúa disminuyendo la compactación del suelo, que genera mejores condiciones de humedad y aireación y que favorece el crecimiento radicular. Sus principales ingredientes son ácidos carboxílicos expresados como carbono orgánico oxidable; la dosis sugerida es 10 litros por hectárea, en una sola aplicación a las 7 semanas después de siembra. El volumen de aplicación es de 4000 litros de solución por hectárea.

Biofit RTU® es un promotor de la fertilidad biológica, actúa restableciendo la microbiología del suelo, que aporta microorganismos benéficos solubilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno, así como microorganismos que favorecen la salud de las plantas. Entre los microorganismos que contiene Biofit RTU® se encuentran: los hongos solubilizadores de fósforo, *Penicillium billai*, *Penicillium spp* y *Paecilomyces lilacinus*, hongos del género *Trichoderma harzianum*, bacterias del género *Bacillus subtilis* y bacterias fijadoras de nitrógeno, *Azospirillum brasilense*; además aporta carbono orgánico oxidable. La dosis recomendada es de 2 litros por hectárea, en una sola aplicación a las 7 semanas después de siembra; esta aplicación se realiza junto con Promesol 5X®, por ende, se utiliza un volumen de aplicación de 4000 litros por hectárea.

Radigrow® es un bioestimulante que induce el crecimiento y desarrollo de nuevas raíces. Un litro de formulación contiene dentro de sus ingredientes: auxinas (2600 ppm) citoquininas, (20 ppm) fósforo bioactivado (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y ácidos carboxílicos expresados como carbono orgánico oxidable total. La dosis recomendada es de

1.5 litros por hectárea, en dos aplicaciones a las 4 y 12 semanas después de siembra.

Nutrisorb L®, es un bioestimulante para la asimilación de nutrientes; actúa sobre la generación de pelos absorbentes, lo que aumenta la absorción activa de nutrimentos. La dosis recomendada es de 3 litros por hectárea, cada seis semanas, iniciando a las 4 semanas después de siembra. Su ingrediente activo son ácidos carboxílicos expresados como carbono orgánico oxidable.

#### **4.7 Descripción del proceso de inducción floral (forza) y criterio para clasificar plantas pequeñas, medianas y grandes.**

La determinación del momento de la inducción floral es una labor muy importante, ya que el tamaño de la fruta a cosechar está directamente relacionado con el peso de la planta al forzamiento. De esta manera, el forzamiento del lote se da cuando en plantaciones de primera cosecha el 70% de las plantas alcanzan un peso que está en el ámbito de 2267g a 2950g (5 a 6,5 libras), lo cual ocurre aproximadamente entre los 7 y 8 meses después de siembra. El momento propicio del forzamiento se determina por muestreo del peso de planta por lote.

Para el forzamiento se utiliza Ethrel ® (ácido 2-cloro-etil- fosfórico), el cual es un compuesto soluble en agua que libera etileno dentro del tejido de la planta. Se aplica a una dosis de 2 litros por hectárea en 4000 litros de agua, cada planta puede recibir 55 mL de solución, aplicado al cogollo. Para lograr una inducción cercana al 100% de las plantas del lote, debe repetirse al día siguiente con las mismas dosis de productos mencionados. Lo ideal es que al momento del forzamiento la temperatura no sea superior a 23°C

Por protocolo el bloque donde se realizará el muestreo de peso para forza, debe ser un bloque sano, donde se hayan realizado todas las aplicaciones de nutrimentos y productos preventivos de enfermedades y plagas. Definido el bloque se extraen 12 plantas completas de piña, todas provenientes de una misma fila, distribuidas a lo largo de todo el bloque, clasificando las plantas en tamaños

grande, mediana y pequeña. Las plantas obtenidas se pesan para obtener un valor promedio por clase y confirmar que los pesos obtenidos se aproximen a la tabla de clasificación de pesos de finca (Cuadro 4), posteriormente se procede a muestrear el 1% de la población de manera visual, muestreando plantas continuas y clasificándolas según el tamaño observado.

**Cuadro 4.** Peso en libras para clasificar la categoría de la planta de piña en la Finca Agropecuaria Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Alajuela, Costa Rica

<b>Plantas</b>	<b>Peso libras</b>
Pequeña	4,5
Mediana	5,5
Grande	6,5

Fuente. Finca Agropecuaria Vásquez y Zúñiga, 2021.

## Resultados

### 5.1 Evaluación del crecimiento de raíces bajo dos diferentes manejos de campo.

#### 5.1.1 Peso fresco y seco de raíz de piña, híbrido MD-2 a los 100 días después de siembra.

En el cuadro 5 se observan los pesos de raíz fresca y seca a los 100 días después de siembra. Al aplicarse el análisis estadístico los tratamientos T3 (acolchado plástico) y T2 (bioestimulantes) mostraron mayor peso fresco de raíz que el tratamiento testigo (T1) ( $p < 0,05$ ); el mayor valor se obtuvo con el tratamiento T3 (255,68g)

Respecto al peso seco de raíz se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos. Los tratamientos 2 (bioestimulantes) y 3 (acolchado plástico) muestran los mayores valores en esta variable respecto del tratamiento testigo sin diferencias entre sí.

**Cuadro 5.** Peso fresco y seco de raíz de piña, híbrido MD-2 en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), y tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 100 días de aplicado el tratamiento. Guatuso, Costa Rica, 2020.

Tratamiento	Peso raíz fresco (g)	Peso raíz seco(g)
T1	107,85a	15,28a
T2	193,75b	29,33b
T3	255,68c	38,98b

Medias con una letra diferente son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 5.1.2 Longitud de raíz de piña, híbrido MD-2, a los 100 días de siembra.

Al evaluar la longitud de raíz el tratamiento con acolchado plástico mostró el mayor valor (48,73 cm) y se diferenció estadísticamente del tratamiento testigo, que presentó el valor más bajo; cuando se aplicaron bioestimulantes la longitud de raíz fue intermedia entre los tratamientos antes citado, sin diferenciarse estadísticamente ( $p < 0,05$ ) de ellos.

**Cuadro 6.** Longitud de raíz de piña, híbrido MD-2, a los 100 días después de siembra, en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), y tratamiento de acolchado plástico (T3). Guatuso, Costa Rica, 2020.

Tratamiento	Longitud de raíz (cm) a los 100 días
T1	41,8a
T2	45,13ab
T3	48,73b

Medias con una letra diferente son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 5.2. Evaluación de la producción de la biomasa aérea de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo.

### 5.2.1 Peso fresco de las plantas de piña, híbrido MD-2 pequeñas, medianas y grandes a los 6 meses después de siembra.

En el cuadro 7 se muestran los pesos de planta en los tres diferentes tamaños clasificados, a los 6 meses después de siembra. En el caso de las plantas pequeñas los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre si ( $p < 0,05$ ).

Respecto a las plantas medianas los mayores pesos se alcanzaron con el tratamiento de acolchado plástico (2175g), que presentó diferencias significativas

( $p < 0.05$ ) con el tratamiento testigo (1650a), pero no con el tratamiento de aplicación de bioestimulantes (2000g)

En cuanto a las plantas grandes los mayores pesos se observaron en los tratamientos con acolchado plástico (T2) y aplicación de bioestimulantes (T3), pero las diferencias que se observaron en estos tratamientos respecto del testigo no fueron estadísticamente significativas.

**Cuadro 7.** Peso de planta de piña, híbrido MD-2, en las clases pequeñas, medianas y grandes en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 6 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.

Tratamiento	pequeño (g)	mediano (g)	grande (g)
T1	1375	1650 a	2575
T2	1425	2000 ab	3325
T3	1550	2175 b	3375

Medias con una letra diferente son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### **5.2.2. Porcentaje de plantas que alcanzaron el criterio de inducción floral a los seis meses después de siembra.**

En el cuadro 8 se muestra la distribución en porcentaje de plantas que alcanzaron el peso de fuerza por cada clase de tamaño, a los seis meses después de siembra. Para las clases de planta pequeña y planta mediana no se alcanzó el peso de fuerza con ningún tratamiento a esta edad.

En la categoría de plantas grandes el tratamiento testigo obtuvo un 23,53% de plantas con el peso requerido. El T2 obtuvo un 100% de plantas con el peso mínimo requerido para la inducción floral y el tratamiento de acolchado plástico

(T3) presentó el mayor porcentaje de plantas clasificadas como grandes, con un 78,78%.

Sin embargo, a los 6 meses después de siembran ningún tratamiento cumplió con el criterio de fuerza (70% de total de plantas con peso igual o mayor a 6,5lb) el tratamiento testigo (T1) solo obtuvo 3,35% del total de plantas con el peso requerido, en el tratamiento con acolchado plástico (T2) el porcentaje total de plantas que cumplieron el criterio fue de 28,46% y el tratamiento con aplicación de bioestimulantes (T3) fue de 30,08%

**Cuadro 8.** Porcentaje de plantas de piña, híbrido MD-2, que alcanzaron el peso de fuerza clasificadas como pequeñas, medianas y grandes en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 6 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.

	<b>Tratamiento</b>	<b>grande</b>	<b>mediana</b>	<b>pequeña</b>	<b>total</b>
T1	número de plantas	17	62	44	123
	número de plantas con peso de fuerza	4	0	0	4
	porcentaje de plantas con peso de fuerza	23,53	0,00	0,00	
	porcentaje total plantas a fuerza				3,25
T2	número de plantas	35	49	39	123
	número de plantas con peso de fuerza	35	0	0	35
	porcentaje de plantas con peso de fuerza	100,00	0,00	0,00	
	porcentaje total plantas a fuerza				28,46
T3	número de plantas	47	49	27	123,00
	número de plantas con peso de fuerza	37	0	0	37
	porcentaje de plantas con peso de fuerza	78,72	0,00	0,00	
	porcentaje total plantas a fuerza				30,08

### 5.2.3 Peso fresco de las plantas de piña, híbrido MD-2 pequeñas, medianas y grandes a los 8 meses después de siembra.

En cuanto al peso fresco en las tres clases de tamaño de planta no se hallaron diferencias estadísticas por de tratamiento. Cabe indicar que el menor peso de planta de cada categoría de tamaño se encontró en el tratamiento testigo (cuadro 9).

**Cuadro 9.** Peso de planta de piña, híbrido MD-2, pequeñas, medianas y grandes en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.

Tratamiento	pequeño (g)	mediano (g)	grande (g)
T1	2062,5	2550	3425
T2	2112,5	2850	3750
T3	2187,5	3062,5	3925

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 5.2.4. Porcentaje de plantas que alcanzaron el criterio de inducción floral a los ocho meses después de siembra.

En el cuadro 10 se muestra la distribución en porcentaje de plantas que alcanzaron el peso de fuerza por cada clase de tamaño, a los ochos meses después de siembra.

Para las clases de planta grande se obtuvo un porcentaje del 100% de plantas con peso de fuerza. En la categoría de plantas medianas el tratamiento testigo obtuvo un 25% de plantas con el peso requerido. El T2 obtuvo un 80,70% de plantas con el peso mínimo requerido para la inducción floral y el tratamiento de acolchado plástico (T3) presentó el mayor porcentaje de plantas con un 94,23%.

En la categoría de plantas pequeñas el tratamiento testigo obtuvo un 19,15% de plantas con el peso requerido. En el caso de los tratamientos T2 y el tratamiento

de acolchado plástico (T3) no obtuvieron plantas con el peso mínimo requerido para la inducción floral.

A los ocho meses después de siembran solo el tratamiento testigo (T1) no cumplió con el criterio de fuerza (70% de total de plantas con peso igual o mayor a 6,5lb), ya que sólo obtuvo 32,52% del total de plantas con el peso requerido. El tratamiento con aplicación de bioestimulantes (T2) si logró el porcentaje total de plantas que se requiere para fuerza (69,92%) y con el tratamiento con acolchado plástico (T3) sucedió lo mismo, ya se obtuvo un 85,37% de plantas totales con peso de fuerza.

**Cuadro 10.** Porcentaje de planta de piña, híbrido MD-2, que alcanzaron el peso de fuerza clasificadas como pequeñas, medianas y grandes en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.

	<b>Tratamiento</b>	<b>grande</b>	<b>mediana</b>	<b>pequeña</b>	<b>total</b>
T1	número de plantas	16	60	47	123
	número de plantas con peso de fuerza	16	15	9	40
	porcentaje de plantas con peso de fuerza	100,00	25,00	19,15	
	porcentaje total plantas a fuerza				32,52
T2	número de plantas	40	57	26	123
	número de plantas con peso de fuerza	40	46	0	86
	porcentaje de plantas con peso de fuerza	100,00	80,70	0,00	
	porcentaje total plantas a fuerza				69,92
T3	número de plantas	56	52	15	123
	número de plantas con peso de fuerza	56	49	0	105
	porcentaje de plantas con peso de fuerza	100,00	94,23	0,00	
	porcentaje total plantas a fuerza				85,37

### **5.3. Evaluación del crecimiento de hojas de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo.**

#### **5.3.1 Peso fresco y peso seco de hoja D de la planta de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo a los 8 meses después de siembra.**

Los pesos frescos y secos de la hoja D de piña, híbrido MD-2, no fueron afectados por los tratamientos evaluados. Dichos pesos no difieren estadísticamente debido al acolchado plástico o la aplicación de bioestimulantes respecto del testigo (cuadro 11)

**Cuadro 11.** Peso fresco y seco de la hoja D de piña, híbrido MD-2, en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2) y tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.

<b>Tratamiento</b>	<b>peso fresco (g)</b>	<b>peso seco (g)</b>
T1	61,75	12,5
T2	60,75	12,9
T3	70	12,35

Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### **5.3.2 Largo y ancho de la hoja D de la planta de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos a los 8 meses después de siembra.**

El largo y ancho de la hoja D de piña, híbrido MD-2, a los 8 meses después de la siembra no fueron afectados estadísticamente, por los tratamientos de acolchado plástico y de aplicación de bioestimulantes; los valores obtenidos de estas variables en dichos tratamientos no difieren del tratamiento testigo (cuadro 12).

**Cuadro 12.** Largo y ancho promedio en hoja D de piña, híbrido MD-2, según Tratamiento testigo (T1), Tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2), Tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.

<b>Tratamiento</b>	<b>largo (cm) hoja D</b>	<b>ancho (cm) hoja D</b>
T1	109,18	7,73
T2	103,58	9,13
T3	108,63	8,9

Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### **5.4 Evaluación del crecimiento del tallo de la planta de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo.**

##### **5.4.1 Diámetro y altura de tallo de la planta de piña, híbrido MD-2, bajo dos diferentes manejos de campo a los 8 meses después de siembra.**

Respecto del diámetro y altura del tallo de piña, híbrido MD-2, medidos a los 8 meses después de siembra, se observó igual comportamiento que en las características de la hoja D; no se obtuvieron diferencias estadísticas, debido al acolchado plástico, ni a la aplicación de bioestimulantes. Los valores obtenidos de estas variables en dichos tratamientos no se diferenciaron del testigo (cuadro 13).

**Cuadro 13.** Diámetro y altura de tallo de la planta de piña, híbrido MD-2 en el tratamiento testigo (T1), tratamiento con uso de acondicionadores del suelo y bioestimulantes radiculares (T2) y tratamiento de acolchado plástico (T3) a los 8 meses después de siembra. Guatuso, Costa Rica, 2020.

<b>Tratamiento</b>	<b>diámetro (cm) tallo</b>	<b>altura (cm) tallo</b>
T1	5	6,3
T2	4,95	7,3
T3	5,25	6,44

### 5.5 Análisis de costos.

Para determinar la factibilidad económica de los manejos de campo evaluados se consideró el costo total de cada uno, teniendo como base el manejo de finca para el tratamiento testigo (T1). En el cuadro 14 se muestran los costos de cada una de las principales labores realizadas para el desarrollo del cultivo en la primera etapa de desarrollo hasta inducción floral.

**Cuadro 14.** Costos de producción (US\$) de una hectárea de piña, híbrido MD-2 hasta inducción floral en la Finca Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Costa Rica, 2020.

Ciclo	Tipo de actividad	Costo producto	Costo Mano de obra	Costo Maquinaria
Pre Siembra	Control de Moscas	\$123,75	\$3,56	\$3,23
Siembra	Cura de Semilla	\$116,26	\$7,11	\$14,78
Pre Siembra	Encalado	\$335,00	\$37,94	\$9,85
Siembra	Fertilización axilar	\$290,52	\$86,94	\$0,00
Post Siembra	Herbicidas Post Siembra	\$126,55	\$53,24	\$11,08
Siembra	Insecticidas de Zonas Bajas	\$181,32	\$7,11	\$14,78
Pre Siembra	Pasos de Alcantarillas	\$200,55	\$4,35	\$16,94
<b>Total Actividades de siembra</b>		<b>\$1 373,95</b>	<b>\$200,25</b>	<b>\$70,66</b>
Desarrollo I	Control de Hormigas	\$123,00	\$4,03	\$0,00
Desarrollo I	Control de Roedores	\$56,60	\$4,03	\$0,00
Desarrollo I	Fertilización	\$1 826,03	\$38,19	\$79,31
Desarrollo I	Fungicidas	\$682,00	\$7,11	\$14,78
Desarrollo I	Herbicidas	\$781,10	\$7,11	\$14,78
Desarrollo I	Insecticidas	\$809,60	\$7,11	\$14,78
<b>Total Desarrollo I</b>		<b>\$4 278,33</b>	<b>\$67,59</b>	<b>\$123,64</b>
<b>Total hasta Inducción floral</b>		<b>\$5 652,27</b>	<b>\$267,84</b>	<b>\$194,30</b>
<b>Gran Total</b>				<b>\$6 114,41</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El cuadro 15, muestra los costos del tratamiento 2, este es el uso de bioestimulantes como alternativa para favorecer el desarrollo de la plantación de piña. Únicamente presenta el costo del producto, porque no se realizaron aplicaciones adicionales, si no que los productos se aplicaban en conjunto con las fertilizaciones programadas en el plan de la finca.

**Cuadro 15.** Costos de producción (US\$) por hectárea con el uso de bioestimulantes en la Finca Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Costa Rica, 2020.

<b>Ciclo</b>	<b>Tipo de Aplicación</b>	<b>Costo</b>
Post Siembra	Promesol 5x	\$80
Post Siembra	Biofit RTU	\$64
Post Siembra	Radigrow	\$66
Post Siembra	Nutrisorb L	\$168
Total		\$378

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el cuadro 16, se puede observar el costo de la implementación del acolchado plástico como alternativa para favorecer el desarrollo de la plantación del cultivo de piña.

**Cuadro 16.** Costos de producción (US\$) por hectárea del uso de acolchado plástico, en la Finca Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Costa Rica, 2020.

<b>Ciclo</b>	<b>Tipo de Aplicación</b>	<b>Costo</b>
Pre siembra	Colocación del plástico	\$2300
Pre siembra	Plástico para acolchado	\$130,8
Total		\$2430,8

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El manejo convencional de finca presentó un costo de \$6 114,4 desde presiembra hasta la etapa de inducción floral. El mayor incremento en los costos, se dio en el tratamiento de acolchado plástico, con un costo total de \$8 545,2 por hectárea; mientras en el tratamiento 2, aplicación de bioestimulantes, se obtuvo un costo total de producción de \$6 492,4 por hectárea.

**Cuadro 17.** Resumen de costos de producción por hectárea de tres manejos de campo evaluado en la Finca Vásquez y Zuñiga, Guatuso, Costa Rica, 2020.

<b>Tratamiento</b>	<b>Costo</b>
T1	\$6 114,4
T2	\$6 492,4
T3	\$8 545,2

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## Discusión

El acolchado de suelo (plástico negro, 1,2mm de grosor) y la aplicación en conjunto de bioacondicionadores de suelo (Promesol 5X ®, Biofit RTU®) y bioestimulantes de planta (Radigrow y Nutrisorb L) aumentaron el peso y la longitud de las raíces de piña respecto al tratamiento testigo, medidas a los 100 días después de siembra. Torres (2006) informa de resultados similares e indica que esta respuesta conlleva a un incremento de biomasa aérea y de rendimiento de fruta. En este sentido Harman (2006) citado por Arias (2016) atribuye este efecto a un mejoramiento de la actividad rizosférica, en particular al fomento de poblaciones microbianas que favorecen la solubilización de nutrientes, la acción antagonista ante patógenos y la mayor producción radicular de fitohormonas que mejoran el crecimiento y la defensa ante enfermedades y plagas.

A pesar de que en la anterior respuesta en el presente estudio no se obtuvo mayores pesos de planta promedio debido a los tratamientos evaluados a los 6 y 8 meses después de siembra, en las distintas categorías de crecimiento según el muestreo de campo, con excepción de las plantas de tamaño mediano a los 6 meses después de siembra, donde el acolchado plástico y el uso de bioestimulantes y bioacondicionadores produjeron mayor peso de plantas.

En forma similar el peso y tamaño de la hoja D y el diámetro de tallo a los 8 meses, tampoco mostraron variación por efecto de los tratamientos. Los resultados obtenidos probablemente, se debieron a la ausencia de factores limitantes durante el ciclo de crecimiento evaluado, que fue de enero a agosto del 2020; en este período, no se presentaron intervalos de déficit hídrico u oscilaciones de temperaturas mínimas y máximas diarias que hallan incidido negativamente sobre la tasa de crecimiento, condiciones que son amortiguadas por el uso de plástico y de los bioestimulantes (O'neal, 2018) y por ende el mayor crecimiento de raíces no fue un factor que favoreciera la competitividad respecto al testigo.

Por otra parte, si bien el suelo por su génesis (ultisol) muestra un grado alto de acidez y bajo contenidos de calcio y magnesio (ver anexo 2), el cultivo de piña

muestra una alta tolerancia a estas condiciones, además de que la fertilización hecha fue apropiada (cuadro 3).

En adición debe indicarse que el acolchado plástico o la aplicación de bioestimulantes no disminuyeron el tiempo para alcanzar la fuerza, pues a los seis meses después de siembra ninguno de los tratamientos logró producir el 70% del total de plantas con el peso requerido.

Sin embargo, a los ocho meses después de siembra el tratamiento con acolchado plástico (T3), generó 85,37% de plantas con peso de fuerza, valor que supero el criterio mínimo. Así mismo el tratamiento con acondicionadores del suelo y bioestimulantes de raíz (T2) generó a esa edad un 69,92% de plantas con peso de fuerza, un valor prácticamente igual al criterio mínimo. En contraste, el tratamiento testigo (T1), sin manejo adicional del suelo, a los mismos 8 meses después de siembra produjo solamente 32,52% de plantas totales con peso de fuerza, valor menor al criterio establecido de 70% para iniciar la inducción floral.

Con base a lo anterior puede afirmarse que tanto el acolchado plástico, como la aplicación de acondicionadores y bioestimulantes de raíz tuvieron un efecto significativo sobre el número de plantas con peso de fuerza a los 8 meses después de siembra.

Otros autores (Elizondo 2010, Torres 2006) han informado de que el efecto de microorganismos benéficos y el reforzamiento de las condiciones para su establecimiento, influyen sobre un mejor desarrollo radical y una mayor y una mayor cantidad de plantas con peso de fuerza que indudablemente mejoran la operatividad de las fincas piñeras.

Por otra parte, para Hussain y Hamid (2003) la alta contaminación ambiental en los componentes suelo y agua de residuos de plástico obliga a la búsqueda de alternativas; en este sentido el uso de los acondicionadores de suelo y bioestimulantes de raíz ofrece, de acuerdo con los resultados de esta investigación, la posibilidad de sustituir el acolchado plástico.

Finalmente, desde la perspectiva financiera el uso de biocondicionadores de suelo y bioestimulantes de raíz ofrece una alternativa viable, pues el incremento del costo por uso fue de 5,82% (us\$378) sobre el costo de producción básico, en tanto que el incremento por la implementación del acolchado plástico fue de 28,44% (2430,80), siendo el costo de mano de obra (instalación) el componente mayor de dicho incremento.

### **Conclusiones y recomendaciones**

1. El acolchado plástico y la aplicación de bioacondicionadores de suelo más bioestimulantes incrementaron el peso y la longitud de raíces de piña, híbrido MD-2 a los 100 días después de siembra.
2. El efecto benéfico sobre la raíz no se reflejó sobre el peso fresco promedio de las plantas de piña a los 6 y 8 meses después de siembra, ni sobre el peso y tamaño de la hoja D, ni sobre el diámetro y altura del tallo de la planta.
3. La utilización de acolchado plástico y aplicación de bioacondicionadores de suelo más bioestimulantes radiculares no incidieron sobre el número de plantas con peso de fuerza los 6 meses después de siembra, y consecuentemente no se alcanzó a esa fecha el criterio de inducción floral. Los tratamientos de suelo evaluados no acortaron el tiempo para alcanzar el criterio de inicio de la fuerza respecto del testigo.
4. Los tratamientos de acolchado plástico y de aplicación de bioacondicionadores de suelo y bioestimulantes de raíz influyeron positivamente sobre la cantidad de plantas con peso de fuerza a los 8 meses después de siembra (edad usual de fuerza en la finca donde se ubicó el experimento con implementación de acolchado plástico). Ambos manejos aumentaron la cantidad y la uniformidad de plantas con peso de fuerza a esa edad sobre el tratamiento testigo.
5. El mayor incremento de costos lo produjo el uso de acolchado plástico, debido principalmente al pago de mano de obra por colocación del mismo. La aplicación de bioacondicionadores de suelo y bioestimulantes de raíz también incrementó los costos de producción, pero en una proporción significativamente menor que el acolchado plástico, con similares resultados sobre el mejoramiento del sistema radical e incremento del número de plantas con peso de fuerza a los 8 meses después de siembra.
6. Se recomienda para la Finca Agropecuaria Vásquez y Zúñiga el uso de bioacondicionadores de suelo y bioestimulantes de raíz para reducir la

utilización de plástico y del efecto negativo que los residuos del mismo producen sobre el ambiente.

7. Se recomienda la utilización de microorganismos nativos de Costa Rica para evaluar su impacto sobre el cultivo de piña, para evitar la dependencia de microorganismos cultivados en otros países.

## Bibliografía

- Alcantara J, Cortes S, Acero J, Alcántara J, Sánchez R. 2019. *Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal*. En línea. Consultado el 16 de febrero de 2021. En: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Arias, S., & Lopez, J. A. (2007). *Manual para la inducción floral (forza) en piña. Cortés, Honduras: Proyecto de diversificación económica rural (USAID-RED)*. En línea. Consultado el 20 de agosto de 2020. En: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14700750/manual-para-la-induccion-floral-forza-en-pina-fintrac-inc>. 11 pp. PDF
- Arias, S. 2016. *Evaluación de la eficacia de diferentes productos biológicos sobre el desarrollo y sanidad del cultivo de piña (Ananas comosus), variedad MD-2, en la finca el Sahíno, San Carlos, Alajuela, Costa Rica*. San José, Costa Rica: UCR.
- Ávila, D. E., Ávila, A. T., Ávila, J. A., Cortés, V. H., Lezana, R. Z., & Martínez, A. R. (2018). *La piña mexicana frente al reto de la innovación: avances y retos en la gestión de la innovación*. Estado de México, México. Obtenido de 479 pp. pdf
- Bartholomew, D.P. Paull, R.E. Rohrbach, K.G. 2003. *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. New York. 301p.
- Campos, O. B. 2006. *Efecto de hormovit calor como inhibidor del proceso natural de inducción floral temprana en plantas de piña (Ananas comosus) 19 merr en Venecia de San Carlos, Alajuela*. San Carlos. En línea. Consultado 20 de agosto 2020. En: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5900>
- Canapep (Cámara Nacional de productores y exportaciones de piña). 2018. *La industria de la piña: motor económico y social de Costa Rica*. En línea.

Consultado 20 de agosto 2020. En: <https://canapep.com/pina-economico-social-costa-rica/>

Elizondo A. 2010. Análisis del mercado de piña. En línea. Consultado el 02 de diciembre de 2019. En: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5156/515657704026/html/index.html>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2016. *Análisis económico*. En línea. Consultado el 02 de diciembre de 2019. En: <http://www.fao.org/3/Y4470S/y4470s0d.htm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2020. *El Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura*. En línea. Consultado el 14 de febrero de 2020. En: <http://www.fao.org/wiews/glossary/es/>

García, A. 2008. *Tendencia de producción de hijos en el cultivo de piña (Ananas Comosus) (L) Merr Híbrido Venecia Gold, Venecia, San Carlos*. En línea. Consultado el 07 de febrero de 2020. En: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/2797>

Garita. R. 2014. *La piña*. En línea. Consultado el 07 de febrero de 2020. En: <https://ulibros.com/la-pina-ygv3d.html>

Hussain, I., Hamid, H. 2003. Plastics in agriculture. in: *Plastics and the environment*. Wiley, Hoboken, pp. 185-209.

Jacobs A., Schalk V., Marasas O., Wingfield B., Windfield M., Countinho T. 2010. *Fusarium ananatum sp. nov. in the Gibberella fujikuroi species complex from pineapples with fruit rot in South Africa*. Fungal Biology 114: 515-527.

López J. 2016. *Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao*. En línea. Consultado el 03 de diciembre de 2020. En:

[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/58735/2018-07-Jennifer\\_Lopez\\_Montoya.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/58735/2018-07-Jennifer_Lopez_Montoya.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Madhuri r. 2012. *Effect of variety and postharvest treatments on shelflife and quality of pineapple*. MS Thesis, Bangladesh Agricultural University Mymensingh. 87 p.

MAG (Ministerio Agricultura y Ganadería) 2007. *Cadena agroalimentaria del cultivo de piña en distrito de chires de puriscal*. En línea. Consultado el 03 de diciembre de 2020. En: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10277.pdf>

MAG (Ministerio Agricultura y Ganadería) 2020. *Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad*. En línea. Consultado el 03 de diciembre de 2020. En: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>

Molina. A. 2016. *Evaluación Económica y Financiera de Proyectos* En línea. Consultado el 03 de diciembre de 2020. En: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/09/evaluacion-economica-y-financiera-de-proyectos/>

Morga. H. 2003. *Monografía: El Cultivo de la Piña (Ananas comosus) (L) Merr. En el Sur de México*. Universidad “Antonio Narro” División de Agronomía. Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de: Ingeniero Agrónomo en Producción Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Nolasco, I. G. 2014. *Manual de producción de piña*. Tegucigalpa, Honduras: Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario (PRONAGRO). En línea. Consultado el 03 de diciembre de 2020. En: <https://areas.sag.gob.hn/pronagro/publicaciones1550023790699x415762866836602900>. 26 pp. PDF

O’neal, K. 2018. *UCR Investiga y Aporta Soluciones a Polémico Cultivo en Costa Rica*. En línea. Consultado el 15 de febrero de 2020. En:

<https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/06/21/ucr-investiga-y-aporta-soluciones-a-polemico-cultivo-en-costa-rica.html>

Rodríguez, G. E. 2013. *Efecto de la altura de cama de siembra sobre el crecimiento del cultivo de piña híbrido MMD-2 (Ananas comosus var. comosus), en PINDECO pacífico, Buenos Aires, Puntarenas*. Consultado el 15 de febrero de 2020. En: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3308>

Ricoy, C. (2006). *Contribución sobre los paradigmas de investigación*. Revista do Centro de Educação, 31 (1), 11-22.

UNED (Universidad Estatal a Distancia) 2019. *Laboratorios de Fitohormonas Escuela de Ciencias Exactas y Naturales Cátedra de Ciencias Biológicas*. Consultado el 02 de diciembre de 2020. En: <https://multimedia.uned.ac.cr/pem/fitohormonas/pag/inicio.html>

Torres. M. V. 2006. *Alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (Ananas comosus) (L) Merr. Híbrido MD-2*. Consultado el 02 de diciembre de 2020. En: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5897>

Valencia, H., J. Sánchez, D. Vera, N. Valero y M. Cepeda. 2007. *Microorganismos solubilizadores de fosfatos y bacterias fijadoras de nitrógeno en páramos y región cálida tropical (Colombia)* pp. 169-183. En: Sánchez, J. (ed.). *Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y agroecosistemas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Vázquez, E. y Torres, S. 2006. *Fisiología Vegetal*, 2da parte. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba, 207 p.

Vizcaíno. D; Betancurt. R. 2012. *Guía De Buenas Prácticas Agrícolas Para Piña*. Consultado el 02 de julio de 2021. En: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu167504.pdf>

### Anexos.

**Anexo 1.** Temperaturas máximas y mínimas, precipitación pluvial, índice de UV máximo y máxima radiación solar en el periodo comprendido entre el año 2019 y 2020 en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

Año	Semana	Temp Max °C	Temp Min °C	Temp Media °C	Lluvia (mm)	Índice UV Max	Max Radiación solar (W/M2)
2019	48	30,3	22,1	26,2	1,01	4,5	863
2019	49	29,9	21,3	25,6	88,33	4,6	828
2019	50	30,8	21,2	26	29,95	4,6	951
2019	51	30,7	21,8	26,25	51	4,6	962
2019	52	28,4	21,3	24,85	30,38	4,5	883
2020	1	31,2	20,2	25,7	17,5	4,6	879
2020	2	30,4	20,9	25,65	20,25	4,6	944
2020	3	29,7	21,3	25,5	98,95	4,5	940
2020	4	30,8	19,8	25,3	25,38	4,6	968
2020	5	31,3	19,2	25,25	14,22	4,6	1017
2020	6	31,9	20,3	26,1	9,14	4,6	999
2020	7	31,8	20,6	26,2	22,32	4,6	979
2020	8	31	20,3	25,65	6,85	4,6	1064
2020	9	33,8	21,1	27,45	8,38	4,6	1008
2020	10	33,3	21,2	27,25	5,81	4,6	1038
2020	11	32,7	21	26,85	21,81	4,6	1074
2020	12	33,1	21,4	27,25	7,59	4,8	1229
2020	13	34,4	20,3	27,35	9,89	4,8	1141
2020	14	35,8	20,4	28,1	0,51	4,8	1108
2020	15	35,8	22,2	29	18,8	4,8	1142
2020	16	35,3	20	27,65	3,79	4,8	1098
2020	17	36,1	21,9	29	0	4,8	1001
2020	18	34,1	21,9	28	15,45	4,8	986
2020	19	33,9	23	28,45	35,81	4,8	1025
2020	20	35,1	22,2	28,65	19,04	4,8	998
2020	21	36,3	23,4	29,85	121,36	4,8	1000
2020	22	34,7	23,3	29	172,87	4,8	1003
2020	23	33,8	23,6	28,7	59,16	4,8	1092
2020	24	35,1	22,8	28,95	14,16	4,8	962
2020	25	33,4	23,4	28,4	46,17	4,8	954
2020	26	33,3	22,9	28,1	62,15	4,8	831
2020	27	33,2	21,3	27,25	156,16	4,8	1109

2020	28	33,8	22,9	28,35	66,78	4,8	816
2020	29	33,6	22,9	28,25	24,57	4,8	1030
2020	30	33,2	22,9	28,05	56,09	4,8	1084
2020	31	35,1	23,1	29,1	57,88	4,7	1092
2020	32	33,6	22,9	28,25	43,11	4,7	1086
2020	33	32,8	21,8	27,3	143,65	4,7	1052
2020	34	32,4	22,1	27,25	80,21	4,7	1123
2020	35	33,9	21,8	27,85	25,9	4,7	1153
2020	36	34,2	21,5	27,85	40,1	4,8	1088

Fuente. Estación meteorológica Upala agrícola, 2021.

**Anexo 2.** Análisis químico de suelo de la Finca Vásquez y Zuñiga en en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS		ESCUELA DE AGRONOMÍA		TEC   Tecnológico de Costa Rica							
www.tec.ac.cr		Laboratorio de Análisis Agronómicos									
Teléfono: 2401-3250		E-mail: laboratoriosuelos@itcr.ac.cr									
<b>INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELO</b>											
Cliente: Agropecuario Vásquez y Zúñiga. COLONO ZONA NORTE.			Fecha: 05/06/2019								
Provincia: Alajuela			Cantón: Guatuso								
Distrito: Buena Vista			Cultivo:								
N° Lab	Identificación de campo	pH	cmol(+)/L				mg/L				
			Acidez ext.	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Fe	Zn	P
S19_241	Lote 4	4,62	1,45	2,49	1,16	0,38	14	156	130	4,60	7,27
Rangos	Mínimos	5,5	4,0	1,0	0,2	1,0	5,0	5,0	3,0	10,0	
	Máximos	7,0	<0,5	15,0	6,0	0,8	20,0	50,0	50,0	10,0	40,0
N° Lab	Relaciones cationicas	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	C.I.C.E	%				
							Saturación de acidez				
S19_241	Lote 4	2,1	6,6	3,1	9,6	5,48	26,46				
Rangos	Mínimos	2,0	5,0	2,5	10,0	>5	≤10,00				
	Máximos	5,0	25,0	15	40,0						

Fuente. Laboratorio de suelos Tecnológico de Costa Rica (TEC), 2019

**Anexo 3.** Análisis de varianza de la variable peso seco de raíz de la planta de piña, híbrido MD-2, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo III)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso seco de raíz	12	0.84	0.8	17.7
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	1136.29	2	568.14	23.37	0.0003
Tratamiento	1136.29	2	568.14	23.37	0.0003
Error	218.76	9	24.31		
Total	1355.05	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 4.** Análisis de varianza de la variable peso fresco de raíz de la planta de piña, híbrido MD-2, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo III)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso de raíz de fresco	12	0.84	0.8	16.5
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	44087.66	2	22043.83	23.47	0.0003
Tratamiento	44087.66	2	22043.83	23.47	0.0003
Error	8453.05	9	939.23		
Total	52540.71	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 5.** Análisis de varianza de la variable longitud de raíz de la planta de piña, híbrido MD-2, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo III)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Longitud	12	0.58	0.48	6.17
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	95.96	2	47.98	6.16	0.0206
Tratamiento	95.96	2	47.98	6.16	0.0206
Error	70.12	9	7.79		
Total	166.08	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 6.** Análisis de varianza de la variable peso planta pequeña de piña, híbrido MD-2, a los 6 meses después de siembra, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo I)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso planta pequeña	12	0.14	0	14.63
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	65000	2	32500	0.72	0.5118
Tratamiento	65000	2	32500	0.72	0.5118
Error	405000	9	45000		
Total	470000	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 7.** Análisis de varianza de la variable peso planta mediana de piña, híbrido MD-2, a los 6 meses después de siembra, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo I)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso planta mediana	12	0.63	0.55	9.97
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	571666.67	2	285833.3	7.62	0.0116
Tratamiento	571666.67	2	285833.3	7.62	0.0116
Error	337500	9	37500		
Total	909166.67	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 8.** Análisis de varianza de la variable peso planta grande de piña, híbrido MD-2, a los 6 meses después de siembra, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo I)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso planta grande	12	0.37	0.23	17.92
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	1606666.67	2	803333.3	2.62	0.1271
Tratamiento	1606666.67	2	803333.3	2.62	0.1271
Error	2762500	9	306944.4		
Total	4369166.67	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 9.** Análisis de varianza de la variable peso planta pequeña de piña, híbrido MD-2, a los 8 meses después de siembra, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo I)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso planta pequeña	12	0.08	0	9.7
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	31666.67	2	15833.33	0.37	0.6979
Trat	31666.67	2	15833.33	0.37	0.6979
Error	380625	9	42291.67		
Total	412291.67	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 10.** Análisis de varianza de la variable peso planta mediana de piña, híbrido MD-2, a los 8 meses después de siembra, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo I)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso planta mediana	12	0.32	0.17	12.6
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	530416.67	2	265208.3	2.1	0.1785
Trat	530416.67	2	265208.3	2.1	0.1785
Error	1136875	9	126319.4		
Total	1667291.67	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 11.** Análisis de varianza de la variable peso planta grande de piña, híbrido MD-2, a los 8 meses después de siembra, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo I)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso planta grande	12	0.18	2.60E-03	13.62
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	515000	2	257500	1.01	0.4007
Trat	515000	2	257500	1.01	0.4007
Error	2285000	9	253888.9		
Total	2800000	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 12.** Análisis de varianza de la variable peso fresco de la hoja D de la planta de piña, híbrido MD-2, a los 8 meses después de siembra en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo III)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso fresco hoja D	12	0.31	0.16	11.11
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	206.17	2	103.08	2.03	0.1877
Tratamiento	206.17	2	103.08	2.03	0.1877
Error	457.78	9	50.86		
Total	663.95	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 13.** Análisis de varianza de la variable peso seco de la hoja D de la planta de piña, híbrido MD-2, a los 8 meses después de siembra en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica

(SC tipo III)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Peso seco de la hoja D	12	0.01	0	27.24
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	0.65	2	0.32	0.03	0.9729
Tratamiento	0.65	2	0.32	0.03	0.9729
Error	105.77	9	11.75		
Total	106.42	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 14.** Análisis de varianza de la variable largo de la hoja D de la planta de piña, híbrido MD-2, a los 8 meses después de siembra en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo III)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Largo de la hoja D	12	0.18	0	5.9
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	76.22	2	38.11	0.96	0.4205
Tratamiento	76.22	2	38.11	0.96	0.4205
Error	359.08	9	39.9		
Total	435.3	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 15.** Análisis de varianza de la variable ancho de la hoja D de la planta de piña, híbrido MD-2, a los 8 meses después de siembra en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

(SC tipo III)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Ancho de la hoja D	12	0.39	0.26	10.3
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	4.52	2	2.26	2.89	0.1071
Tratamiento	4.52	2	2.26	2.89	0.1071
Error	7.03	9	0.78		
Total	11.56	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 16.** Análisis de varianza de la variable altura de tallo de la planta de piña, híbrido MD-2, en Samen de Guatuso en la provincia de Alajuela, Costa Rica

(SC tipo III)	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
	Altura (cm)	12	0,29	0,13	11,94
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	2,32	2	1,16	1,82	0,2169
Tratamiento	2,32	2	1,16	1,82	0,2169
Error	5,73	9	0,64		
Total	8,04	11			

Fuente. Elaboración propia, 2021.

**Anexo 17.** Fotografía aérea del lugar de estudio.



**Anexo 18.** Lote tratamiento 3 (testigo) repetición 3.



**Anexo 19.** Canales de drenaje que separaban los tratamientos.



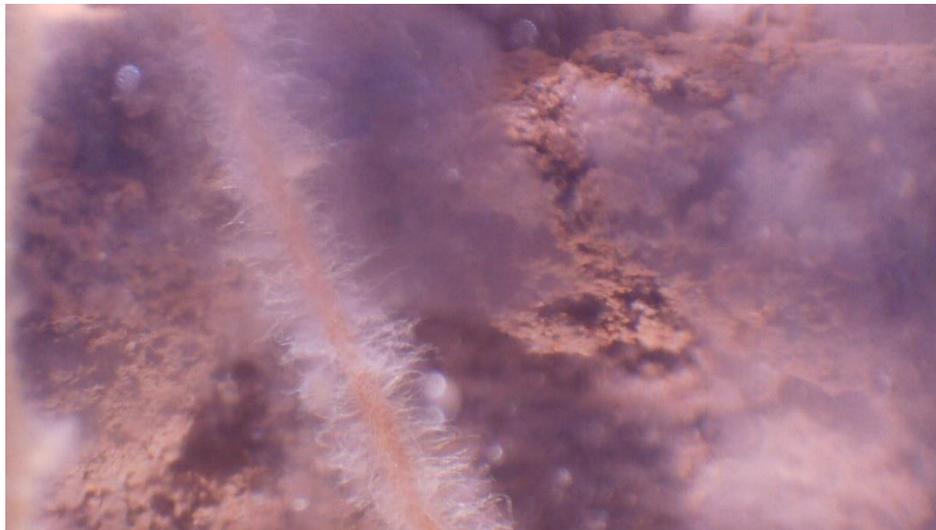
**Anexo 20.** Toma de peso por tamaño de planta.



**Anexo 21.** Tamaño planta grande, mediano, pequeño (derecha izquierda) a los 8 meses después de siembra



**Anexo 22.** Fotografía de raíz del tratamiento con aplicación de bioestimulantes de raíz y bioacondicionadores de suelo (T2).



**Anexo 23.** Fotografía de raíz de tratamiento testigo (T1).



**Anexo 24.** Fotografía de raíz de tratamiento con acolchado plástico (T3)

