



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Paquete tecnológico para el manejo de segunda cosecha de piña MD-2, en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca

John Alexander Canacuán Colimba

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia

2023

Paquete tecnológico para el manejo de segunda cosecha en piña MD-2, en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca

John Alexander Canacuan Colimba

Tesis presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Agrarias

Director (a):

M.Sc., Herney Darío Vásquez Amariles

Codirector (a):

Ph.D., Raúl Saavedra Ospina

Línea de Investigación:

Protección de cultivos

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de ciencias agropecuarias
Palmira, Colombia

2023

Dedicatoria

A Dios por la oportunidad y la salud que me ha dado para realizar este proyecto de investigación.

A mi familia por su apoyo y confianza que me brinda para poder cumplir mis metas profesionales.

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira por permitirme su espacio y docentes profesionales que me apoyaron durante una larga carrera y que sembraron en mí el espíritu investigador para buscar soluciones y servir al campo agrícola.

Al equipo técnico y profesionales del campo que estuvieron en todo el proceso investigativo aportando con sus conocimientos para que el proyecto salga de la mejor manera.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Nombre: John Alexander Canacuan Colimba

Fecha: 18/09/2023

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira por apoyar este proyecto productivo, que beneficia a los agricultores piñeros de las zonas de ladera, al director de tesis Herney Darío Vásquez Amariles quien dirigió la investigación, al codirector de tesis Raúl Saavedra Ospina, quien asesoró el manejo técnico aplicado en la parcela experimental, a las ingenieras María Alejandra Quintero Jiménez, Deysi Johanna Guerrero Cobos y Karla Stephany Osorio, quienes apoyaron el manejo técnico de la investigación. A los agricultores Harold Mesa y Nazario Belalcázar, quienes apoyaron todas las labores agronómicas del cultivo, hasta el final de la investigación

Resumen

Paquete tecnológico para el manejo de segunda cosecha en piña MD-2, en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca.

La segunda cosecha en piña MD-2 en zonas de ladera de Dagua Valle del Cauca, es una práctica que se viene realizando para mejorar la rentabilidad del sistema productivo; sin embargo, por falta de información metodológica para realizar esta práctica en forma adecuada, no se ha logrado obtener los mejores resultados. Con la necesidad de resolver el problema, esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un paquete tecnológico para el manejo de segunda cosecha en piña MD-2 en esta región. Por lo cual, se estableció una parcela experimental con seis tratamientos y tres repeticiones, en un diseño completamente al azar; cinco tratamientos con prácticas tecnológicas de segunda cosecha y un tratamiento control con prácticas propias del agricultor. Las variables medidas fueron: rendimiento, contenido de grados brix, incidencia de *Phytophthora* spp, daño por Tecla, costos de producción/kg y margen de ganancia/hectárea. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) en el software estadístico SAS y las comparaciones de medias, se realizaron con el Test de Duncan. Los mejores tratamientos fueron el T3 y el T5 que incluyeron prácticas de: protocolo de preparación de plantas, manejo convencional de insectos plaga y enfermedades, fertilización foliar basada en análisis nutricionales, acolchado plástico, con riego y sin riego por goteo; los cuales alcanzaron rendimientos de 85,9 y 82 ton/ha, respectivamente; contenido de grados brix entre 14,1 y 14,2 °Bx; *Phytophthora* spp y Tecla, presentaron bajo porcentaje de incidencia y daño; los costos de producción/kg fueron los más bajos (609,03 y 542,93 pesos colombianos (COP)) y sus márgenes de ganancia/ha, fueron los más altos (41,9 y 48,2 %). Los resultados del paquete tecnológico de segunda cosecha en piña MD-2, pueden indicar su importancia para mejorar la rentabilidad del cultivo en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca.

Palabras clave: Laderas, Piña MD-2, Prácticas tecnológicas, Rentabilidad, Segunda cosecha.

Abstract

Technological package for the management of second harvest in pineapple MD-2, in hillside areas of Dagua, Valle del Cauca.

The second harvest of MD-2 pineapple in hillside areas of Dagua Valle del Cauca, is a practice that is been development to improve the profitability of the production system; however, the lack of methodological information to carry out this practice efficiently, a good result has not been obtained. The objective of this study was aimed to develop a technological package for the management of second harvest of MD-2 pineapple in these regions. A completely randomized design in an experimental plot was established with six treatments and three replications. Five treatments with different technological practices of second harvest; a treatment control was carry out with the traditional farmer's practices. The variables measured were: yield, soluble solids content, *Phytophthora* spp incidence, Tecla damage, production costs/kg and profit margin/hectare. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) in SAS statistical software and comparisons of means, were performed with Duncan's test. The best treatments were T3 and T5 which included practices of: plant preparation protocol, conventional management of insect pests and diseases, foliar fertilization based on nutritional analysis, plastic mulching, with and without drip irrigation; which reached yields of 85,9 and 82 ton/ha, respectively; soluble solids content was between 14,1 and 14,2 °Bx; *Phytophthora* spp and Tecla showed low levels of incidence and damage; production costs/kg were the lowest (609,03 and 542,93 Colombian pesos (COP)) and profit margins/ha were the highest (41,9 and 48,2 %). The results of the technological package of second harvest in pineapple MD-2, may indicate its importance to improve the profitability of the crop in hillside areas of Dagua, Valle del Cauca.

Keywords: Hillside, MD-2 pineapple, Technological practices, Profitability, Second harvest.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Abstract	X
Contenido	XI
Lista de figuras	XIV
Lista de tablas	XVI
Introducción	1
1. Problema de investigación, justificación y objetivos	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Hipótesis	5
2. Marco teórico	7
2.1 Clasificación taxonómica	7
2.2 Origen	7
2.3 Características morfológicas	8
2.3.1 Raíces	8
2.3.2 Tallo.....	8
2.3.3 Hojas	8
2.3.4 Pedúnculo.....	9
2.3.5 Inflorescencia y flor.....	9
2.3.6 Fruto	9
2.4 Material de propagación	10
2.4.1 Corona de la fruta	10
2.4.2 Basales del fruto	10
2.4.3 Basales del tallo o axilares	10
2.4.4 Basales del suelo.....	10
2.5 Requerimientos de clima y suelo.....	11
2.5.1 Altitud	11
2.5.2 Temperatura	11
2.5.3 Luminosidad	11
2.5.4 Precipitación	11

2.5.5	Suelos	12
2.6	Variedades de piña en Colombia	12
2.6.1	Híbrido MD-2.....	12
2.7	Proceso productivo de primera cosecha en piña MD-2	13
2.7.1	Ciclo fenológico de primera cosecha	13
2.7.2	Labores agronómicas en primera cosecha	13
2.7.3	Rendimiento y costos de producción de piña MD-2 en primera cosecha	17
2.8	Proceso productivo de segunda cosecha en piña MD-2.....	18
2.8.1	Concepto y características de segunda cosecha.....	18
2.8.2	Ciclo fenológico de la segunda cosecha.....	18
2.8.3	Rendimiento y costos de producción en segunda cosecha	19
2.8.4	Metodologías disponibles para realizar segunda cosecha.....	19
3.	Materiales y métodos.....	21
3.1	Localización y caracterización de la zona	21
3.2	Diseño experimental	22
3.3	Composición de los tratamientos	22
3.3.1	Descripción de las unidades experimentales.....	23
3.3.2	Variables de respuesta.....	23
3.3.3	Análisis estadístico.....	25
3.4	Conducción del experimento en campo	25
3.4.1	Monitoreo para evaluar el estado general del cultivo que continua el manejo de segunda cosecha.....	25
3.4.2	Muestreo de suelos para análisis nutricional	26
3.4.3	Protocolo implementado para la preparación de plantas de segunda cosecha	26
3.4.4	Preparación de plantas en el Testigo-agricultor.....	31
3.4.5	Acolchado plástico	31
3.4.6	Riego por goteo.....	32
3.4.7	Fertilización foliar	33
3.4.8	Fertirriego.....	35
3.4.9	Manejo integrado de insectos plaga y enfermedades.....	36
3.4.10	Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades	38
3.4.11	Manejo de arvenses	39
3.4.12	Inducción floral	39
3.4.13	Cosecha y post cosecha	40
4.	Resultados y discusión	41
4.1	Efecto de los tratamientos en las variables de respuesta.....	41
4.1.1	Rendimiento (ton/ha).....	41
4.1.2	Contenido de grados brix (°Bx).....	42
4.1.3	Incidencia de <i>Phytophthora</i> spp (%).....	42
4.1.4	Daño de Tecla (%)	43
4.1.5	Costos de producción por kg (COP).....	44
4.1.6	Margen de ganancia por hectárea (%)	45
4.2	Contraste de tratamientos para el efecto de las prácticas tecnológicas	46
4.2.1	Manejo integrado de insectos plaga y enfermedades (T1) vs manejo convencional (T3)	46
4.2.2	Fertirriego (T2) vs fertilización foliar (T3).....	47
4.2.3	Sin acolchado plástico (T4) vs con acolchado plástico (T3).....	47

4.2.4 Sin riego por goteo (T5) vs con riego por goteo (T3).....	48
4.2.5 Protocolo para la preparación de plantas (T5) vs metodología del agricultor (Testigo-agricultor)	49
5. Conclusiones.....	51
6. Recomendaciones.....	52
Bibliografía	53

Lista de figuras

	Pág.
Figura 3-1: Distribución de tratamientos y repeticiones en el diseño experimental.....	22
Figura 3-2: Monitoreo general del cultivo que continua el manejo de segunda cosecha.	26
Figura 3-3: Muestreo de suelo para análisis edáfico por tratamiento.....	26
Figura 3-4: Cosecha y recolección de colinos basales del fruto.	27
Figura 3-5: Poda de plantas madres.	28
Figura 3-6: Eliminación de plantas madres con daño fisiológico.	28
Figura 3-7: Selección de colinos axilares para la segunda cosecha.....	29
Figura 3-8: Práctica de encajonamiento para el control del volcamiento de plantas.....	30
Figura 3-9: Poda superficial en etapa de llenado del fruto.....	31
Figura 3-10: Tratamientos con y sin acolchado plástico.	31
Figura 3-11: Componentes para la aplicación del riego por goteo.....	32
Figura 3-12: Práctica de fertilización foliar.....	34
Figura 3-13: Práctica de fertirriego.	36
Figura 3-14: Manejo integrado de insectos plaga y enfermedades.....	37
Figura 3-15: Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades.....	38
Figura 3-16: Control manual de arvenses.	39
Figura 3-17: Inducción floral en segunda cosecha.	39
Figura 3-18: Labor de cosecha y post cosecha.	40
Figura 4-1: Rendimiento en ton/ha por tratamiento.	41
Figura 4-2: Contenido de grados brix (°Bx) por tratamiento.	42
Figura 4-3: Incidencia de <i>Phytophthora</i> spp (%) por tratamiento.....	43

Figura 4-4: Daño de Tecla (%) por tratamiento.....	43
Figura 4-5: Costo de producción por kg en pesos colombianos (COP), por tratamiento. .	44
Figura 4-6: Margen de ganancia por hectárea (%) por tratamiento.....	45

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 3-1: Descripción de prácticas tecnológicas aplicadas en cada tratamiento.....	23
Tabla 3-2: Planes de fertilización foliar para etapas de desarrollo vegetativo y post inducción.....	33
Tabla 3-3: Plan de fertilización foliar del Testigo-agricultor.	34
Tabla 3-4: Planes de fertirriego para las etapas de desarrollo vegetativo y post inducción en el tratamiento 2.	35
Tabla 3-5: Productos biológicos y químicos aplicados en el manejo integrado de insectos plaga y enfermedades.....	37
Tabla 3-6: Productos químicos aplicados en el manejo convencional de insectos plaga y enfermedades.	38
Tabla 4-1: Contraste de resultados del manejo integrado de insectos plaga y enfermedades, con el manejo convencional (T1 vs T3).	46
Tabla 4-2: Contraste de resultados del fertirriego con la fertilización foliar (T2 vs T3).....	47
Tabla 4-3: Contraste de resultados sin acolchado y con acolchado plástico (T4 vs T3) ..	48
Tabla 4-4: Contraste de resultados con riego por goteo y sin riego por goteo.....	49
Tabla 4-5: Contraste de resultados del protocolo para la preparación de plantas, con la metodología del agricultor (T5 vs Testigo-agricultor).....	50

Introducción

La piña (*Ananas comosus* L. Merr), actualmente es una de las frutas tropicales de mayor importancia a nivel mundial junto con el mango, la papaya y el aguacate (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2023). La producción mundial de piña para el año 2021, fue de 28,647,865.69 toneladas, logrando un aumento del 4.9% con respecto a la producción del año 2020 (FAOSTAT, 2021).

La piña MD-2 conocida como Golden u Oro miel, representa la mayor demanda en el mundo en comparación con otras variedades disponibles (Bécquer, Izquierdo, López, Pino, & Rodríguez, 2016). Su preferencia se debe a que tiene mejor rendimiento que otros cultivares, posee un sabor extra dulce, pulpa blanda, mejor apariencia por su color amarillo-naranja intenso y presenta bajo contenido de acidez (Bartholomew, Paull, & Rohrbach, 2003).

En Colombia, la explotación de piña MD-2 ha venido enfrentado diversos desafíos en los últimos 2 años; el alto costo de insumos, fluctuación de precios y competencia en el mercado global con otros países, ha creado la necesidad de implementar paquetes tecnológicos para consolidar la producción nacional (Pineda, 2023). Para el 2020, el país reportó más de 33,000 hectáreas sembradas en piña, de las cuales 5,000 correspondieron a la MD-2, distribuidas principalmente en los departamentos de Santander, Valle del Cauca, Meta, Quindío y Cauca (Agronet, 2021; Gonzáles Cerón, 2021).

En el Valle del Cauca, uno de los municipios referentes en la producción de piña MD-2 es Dagua, con área de influencia agrícola que corresponde a zonas de ladera (Cámara de Comercio de Cali, 2018). Los agricultores de esta región, debido al incremento de los costos de producción y mercados inestables, han venido implementado la segunda cosecha como alternativa para mejorar la rentabilidad del cultivo (Asocadevida, 2020).

La práctica de segunda cosecha consiste en obtener una cosecha adicional de una plantación original o plantilla, sin tener que realizar labores iniciales de preparación de suelo y siembra, puesto que el manejo inicia con plantas madres ya establecidas, lo que permite cosechar fruta a menor costo y en un tiempo relativamente más corto (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018; Rebolledo Martínez, Uriza Ávila, & Rebolledo Martínez, 1998); Sin embargo, actualmente no hay estudios sobre metodologías de segunda cosecha evaluadas en campo, que sirvan como referencia técnica para su implementación. Es por esto, que los agricultores de zonas de ladera y de otras regiones vienen trabajando esta práctica con metodologías propias, sin tener los mejores resultados.

Para dar respuesta a la inquietud de los agricultores sobre el manejo adecuado de segunda cosecha, es importante estudiar y validar metodologías sobre esta práctica. Por esta razón, la presente investigación corresponde al desarrollo de un paquete tecnológico para el manejo de segunda cosecha en piña MD-2 en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca, mediante la aplicación de diferentes paquetes tecnológicos. La evaluación y selección del paquete tecnológico de segunda cosecha, se realizó de acuerdo al rendimiento, contenido de grados brix, Incidencia de *Phytophthora* spp, daño por Tecla (*Strymon megarus*), costos de producción/kg y margen de ganancia/ha. Esta investigación, aportará a los agricultores suficiente información sobre recomendaciones tecnológicas para obtener mayores rendimientos y mejor rentabilidad en la segunda cosecha.

1. Problema de investigación, justificación y objetivos

1.1 Planteamiento del problema

La segunda cosecha en piña MD-2 en zonas de ladera de Dagua Valle del Cauca, es una práctica que se realiza para aumentar la rentabilidad del sistema productivo; Sin embargo, esta práctica se ha venido realizando con metodologías propias del agricultor, ya que no existen recomendaciones específicas y completas para el manejo adecuado de segunda cosecha, ni tampoco se encuentran estudios que evalúen la rentabilidad de esta práctica, con las condiciones agroclimáticas de la región.

Por la falta de información metodológica, no se ha logrado obtener los mejores resultados en el rendimiento, calidad de la fruta y rentabilidad de la segunda cosecha. En zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca, los agricultores obtienen rendimientos entre 50 y 60 ton/ha en segunda cosecha, siendo más bajos que el rendimiento de primera cosecha, el cual varía entre 80 y 90 ton/ha. Aunque los rendimientos en segunda cosecha son más bajos, estos representan ingresos económicos adicionales para el agricultor (Ramírez, Hurtado, & Jager, 2022).

1.2 Justificación

Por falta de metodologías para el manejo de segunda cosecha en piña MD-2 en zonas de ladera, se justifica implementar y evaluar un paquete tecnológico de segunda cosecha, para que los agricultores dispongan de recomendaciones adecuadas, las cuales puedan implementar en sus cultivos.

La segunda cosecha aún sin un paquete tecnológico, tiene la ventaja de producir frutos en un periodo de tiempo más corto y a menor costo, puesto que el manejo agronómico parte de una plantación ya establecida (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018). Con la implementación de un paquete tecnológico en segunda cosecha, el beneficio será mayor, ya que el rendimiento y calidad de la fruta aumentarán, influyendo positivamente en la rentabilidad del cultivo.

La necesidad de un paquete tecnológico para segunda cosecha en piña MD-2, se extiende a todos los municipios piñeros del Valle del Cauca, dado que los agricultores buscan obtener una mayor rentabilidad del sistema productivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un paquete tecnológico para el manejo de la segunda cosecha en piña MD-2, en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento, contenido de grados brix, incidencia de *Phytophthora* spp, daño de Tecla, costos de producción por kg y margen de ganancia por hectárea, de diferentes tratamientos con prácticas tecnológicas de segunda cosecha en piña MD-2, en condiciones de laderas de Dagua, Valle del Cauca.
- Conocer la eficiencia de las prácticas tecnológicas aplicadas en segunda cosecha, mediante contrastes de los resultados en los diferentes tratamientos.

1.4 Hipótesis

H0: La implementación de un paquete tecnológico para segunda cosecha de piña MD-2 en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca, no aumentará el rendimiento, calidad de la fruta y rentabilidad del cultivo.

H1: La implementación de un paquete tecnológico para segunda cosecha de piña MD-2 en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca, aumentará el rendimiento, calidad de la fruta y rentabilidad del cultivo.

2. Marco teórico

2.1 Clasificación taxonómica

Botánicamente la piña se clasifica así:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Bromeliales

Familia: Bromeliaceae

Género: *Ananas* Mill

Especie: *Ananas comosus* (L.) Merr

(Lobo & Paull, 2017).

La familia Bromeliaceae está conformada por 46 géneros y 2,000 especies aproximadamente y dentro de la especie *comosus*, se encuentran todos los cultivares, variedades e híbridos que se producen comercialmente (Cerrato, 2013).

2.2 Origen

Su origen es reportado en varias regiones de América del sur, específicamente en los estados de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais y Sao Pablo en Brasil; así como también en el Norte de Paraguay y Argentina. En la actualidad, la piña se encuentra distribuida en muchas regiones tropicales del mundo (Coulter, 1983). Por esta amplia distribución, se

afirma que los nativos americanos ya habían domesticado y dispersado la planta mucho antes de que llegara Cristóbal Colón (Leal & Coppens D'Eeckenbrugge, 2018).

2.3 Características morfológicas

La piña es una planta herbácea, monocotiledónea y perenne que, en su completo desarrollo, puede llegar a medir hasta un metro de altura (Retana, 2015). Sus principales estructuras morfológicas son:

2.3.1 Raíces

La piña tiene tres tipos de raíces: las raíces primarias que solo se encuentran en plántulas procedentes de semilla sexual y que mueren después de germinar y son reemplazadas por el segundo tipo de raíces llamadas adventicias. Este segundo tipo, se encuentra en la base del tallo y forma un sistema de raíces corto; son una adaptación de la planta, que permiten la absorción directa de agua y nutrientes en condiciones áridas. El tercer tipo de raíces está formado por las raíces del suelo, las cuales pueden crecer de 1 a 2 m de lateral y 0,85 m de profundidad, su función es dar anclaje a la planta y absorber agua y nutrientes del suelo (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018).

2.3.2 Tallo

El tallo es relativamente corto y grueso; mide de 20 a 40 cm de largo, con un peso que varía entre 400 g y 1 kg. Tiene forma de mazo de consistencia carnosa, con una base angosta de 2 a 4 cm de diámetro y una parte más ancha justo debajo del ápice, que puede medir de 6 a 8 cm de diámetro aproximadamente. Es la fuente de reservas principal de nutrientes y su peso al momento de la inducción floral, se correlaciona directamente con el peso total de la planta y a su vez con el peso de la fruta, al momento de la cosecha (Rebolledo Martínez et al., 1998).

2.3.3 Hojas

El número de hojas en una planta fisiológicamente madura varía entre 40 y 80, las cuales se disponen en roseta, al rededor del tallo. Las hojas se clasifican en A, B, C, D, E y F; la

hoja A se localiza en la parte más baja y la hoja F en el ápice del tallo. De todas las hojas la D, identificada como la más joven de las hojas viejas, es la más importante, dado a que muestra el estado nutricional general de la planta (Vásquez, Saavedra, & Saavedra, 2012). Las hojas tienen arquitectura de canal, lo que les permite llevar el agua hasta la base del tallo, para luego ser absorbida por los tricomas y las raíces adventicias (Lobo & Paull, 2017).

2.3.4 Pedúnculo

El pedúnculo es la prolongación del tallo y se desarrolla cuando la planta completa el ciclo vegetativo. Su diferenciación empieza con un engrosamiento del tallo en el meristemo terminal, que posteriormente da lugar al pedúnculo, en el cual se forma la inflorescencia (Rebolledo Martínez et al., 1998)

2.3.5 Inflorescencia y flor

La inflorescencia se desarrolla a partir del meristemo apical del pedúnculo. En ella, se pueden encontrar entre 100 y 200 flores, arregladas en espiral (León, 1968). La inflorescencia aparece de los 45 y 52 días después de la inducción floral y se diferencia por un color rojizo de las brácteas en la base del pedúnculo. La flor es hermafrodita, de tipo trómera, con tres sépalos, tres pétalos, dos grupos de tres estambres y un gineceo de tres carpelos (Vásquez, Saavedra, & Saavedra, 2012).

2.3.6 Fruto

La piña es un fruto sincárpico lo que significa que está formado por varios carpelos soldados entre sí (León, 1968). Se considera un fruto partenocárpico, dado a que se desarrolla sin que ocurra la fecundación y por consiguiente no forma semillas, excepto cuando ocurre polinización cruzada (Castañeda Murcia, 1997). Generalmente está compuesto por 100 o más frutillos, que provienen de cada una de las flores (Serna Vásquez, 1998). Alcanza su maduración entre los 150 y 160 días después de la inducción floral, con un peso que varía entre 1,25 y 3,5 kg (Vásquez, Saavedra, & Saavedra, 2012).

2.4 Material de propagación

La forma de propagación predominante es asexual, por medio de brotes vegetativos que la misma planta produce. Estos son:

2.4.1 Corona de la fruta

La corona es el meristemo apical de la planta. Como semilla proporciona un buen crecimiento y enraizamiento. Sin embargo, no son abundantes para sembrar áreas extensas, debido a que la fruta se vende en su mayoría, con la corona intacta (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018). Su tiempo de desarrollo para producir una nueva fruta tarda entre 18 y 24 meses (Lobo & Paull, 2017).

2.4.2 Basales del fruto

Se desarrollan a partir de las yemas axilares del pedúnculo situadas justo en la base del fruto. Se caracterizan por tener una curvatura pronunciada en la base del tallo; son buena fuente de semilla y su tiempo de desarrollo desde la siembra hasta la cosecha, varía entre 15 y 20 meses (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018; Lobo & Paull, 2017).

2.4.3 Basales del tallo o axilares

Proviene de yemas axilares que salen de la parte superior del tallo. Son los más recomendados para obtener plantaciones uniformes y asegurar segundas cosechas (Serna Vásquez, 1998). Su tiempo de desarrollo desde la siembra hasta la cosecha, varía entre 12 y 17 meses (Lobo & Paull, 2017).

2.4.4 Basales del suelo

Son emitidos por las yemas que salen de la parte subterránea del tallo y se caracterizan por tener raíces desarrolladas y hojas grandes (Vásquez, Saavedra, & Saavedra, 2012). Sirven también como semilla y su tiempo de desarrollo desde la siembra hasta la cosecha, varía entre 15 y 16 meses (Lobo & Paull, 2017).

2.5 Requerimientos de clima y suelo

2.5.1 Altitud

El cultivo de la piña tiene mejor respuesta entre los 100 y 800 msnm, ya que la temperatura a esta altura, se acerca al grado óptimo para el desarrollo de la planta (Guido M, 1983). A mayor altura, se retrasa el ciclo del cultivo, las hojas se acortan y se angostan, el pedúnculo es más largo con respecto a la planta y los frutos son pequeños y ácidos (Rebolledo Martínez et al., 1998)

2.5.2 Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo de la piña, se encuentra entre 20 y 30°C, siendo 24°C la temperatura ideal. Cuando ésta baja entre 16 y 10°C, el crecimiento fisiológico se altera y el desarrollo de la fruta se ve limitado. Por el contrario, si las temperaturas suben por encima de los 35°C, ocasiona quemadura del fruto, denominada golpe de sol (Hossain, 2016).

2.5.3 Luminosidad

El cultivo demanda una luminosidad entre 1200 y 1500 horas/año para un óptimo desarrollo. Cuando hay baja luminosidad las hojas son alargadas y presentan un color verde oscuro. En condiciones de alta luminosidad, las hojas se tornan de un color amarillo rojizo (Rebolledo Martínez et al.,1998)

2.5.4 Precipitación

La planta de piña requiere entre 1000 y 1500 mm bien distribuidos durante todo el año, lo que equivale entre 3 y 4 mm/día, para un obtener un óptimo desarrollo. La piña es tolerante a periodos relativamente largos de sequía, pero la falta de agua durante el proceso reproductivo, afecta el peso, tamaño y calidad del fruto, por lo tanto, es necesario la aplicación de riegos suplementarios (Guido M, 1983).

2.5.5 Suelos

El suelo ideal para el cultivo de la piña, es un suelo ácido con pH entre 4,5 y 5,5, contenido de materia orgánica mayor a 2,5%, buen drenaje y aireación. Las texturas óptimas son arcillo-arenosas, areno- arcillosas y arenosas, que tengan una profundidad efectiva entre 30 y 60 cm (Uriza Ávila et al., 2018).

2.6 Variedades de piña en Colombia

En Colombia se cultivan diferentes variedades de piña, entre las cuales se encuentran la Perolera, Cayena lisa, Manzana y otros cultivares regionales; sin embargo, estas variedades vienen siendo desplazadas por el híbrido MD-2, que debido a su contenido de sólidos solubles, peso, aroma y color, actualmente tiene la mayor demanda en el mercado mundial (Ríos Rojas, 2020).

2.6.1 Híbrido MD-2

La MD-2 o Gold Extra Sweet, es el resultado de un cruce entre los híbridos 58-1184 y 59-443, realizado por el Instituto de investigación de piña de Hawái (PRI) en 1970. El híbrido fue seleccionado originalmente en 1973 como 73-114 y entre sus parentales se encuentran la Cayena lisa, Guatemala lisa, Ruby, Queen y Perola. La MD-2 fue comercializada por primera vez a gran escala, por Del Monte Inc. y posteriormente, revolucionó el mercado como fruta fresca, llegando a representar más del 80% de las piñas frescas comercializadas en todo el mundo. La fruta se caracteriza por ser de forma cilíndrica, de color amarillo anaranjado, con alto contenido de azúcares que alcanzan los 17°Brix y su peso promedio oscila entre 1,3 y 2,5 kg. Este híbrido es susceptible a la enfermedad de pudrición del cogollo, causada por *Phytophthora* spp, a la pudrición bacterial del corazón causada por *Dickeya chrysanthemi* y a la floración natural (Sanewski, Bartholomew, & Paull, 2018).

En Colombia, el híbrido MD-2 fue introducido en el año 2000 por cultivadores que transportaron semilla asexual del Ecuador, para luego multiplicarla en diferentes regiones piñeras del país (Vásquez, Saavedra, & Saavedra, 2012). En el año 2020 se reportaron 5,000 hectáreas de piña MD-2 establecidas en los departamentos de Santander, Valle del Cauca, Meta, Quindío y Cauca (Agronet, 2021; Gonzáles Cerón, 2021)

2.7 Proceso productivo de primera cosecha en piña MD-2

2.7.1 Ciclo fenológico de primera cosecha

El tiempo del ciclo fenológico depende de factores climáticos, edafológicos y tipo de material vegetal utilizado para la siembra (Coulter, 1983). En condiciones del Valle del Cauca, el ciclo fenológico de la MD-2, desde la siembra hasta la cosecha dura entre 14 y 15 meses (González, 2019). El desarrollo vegetativo se tarda alrededor de 8 meses, hasta la inducción floral; la inflorescencia aparece de los 45 a los 52 días después de la inducción; el periodo entre la floración, desarrollo del fruto y cosecha es entre 135 y 145 días. Por lo anterior, el tiempo que toma desde la inducción floral hasta la cosecha, varía entre los 6 y 7 meses. (Paull & Duarte, 2011).

2.7.2 Labores agronómicas en primera cosecha

Preparación del terreno

La preparación consta de las siguientes labores: arado con cincel o vertedera, rastrillado, nivelación, trazo de caminos, levantamiento de camas y drenajes (Uriza Ávila, 2011). En terrenos de ladera, dependiendo de la inclinación del suelo, se recomienda dejar cada 30 o 60 metros una franja de 2 metros recubierta con barreras vivas, para controlar la erosión (Cristancho A, Buitrago M, & Corredor P, 1991). En suelos ácidos se recomienda aplicar enmiendas a base de carbonato de calcio para corregir el pH; La cantidad a aplicar se basa en los resultados de los análisis de suelo (Mite, Medina, & Espinosa, 1970).

Selección y manejo de semilla

La semilla se debe seleccionar de acuerdo al tamaño, peso, tipo, sanidad y calidad genética de la variedad. El peso adecuado para la semilla oscila entre los 250 y 450 g; en este rango se clasifican las semillas grandes, medianas y pequeñas, las cuales se manejan por separado, para tener plantaciones uniformes (Rebolledo Martínez et al., 1998). Como semilla se recomienda los colinos axilares, ya que presentan mejor desarrollo vegetativo y se obtienen plantaciones uniformes. El material a sembrar se debe desinfectar por inmersión, en una mezcla de fungicida e insecticida para prevenir plagas y enfermedades (Sandoval & Tórres, 2011).

Siembra

La siembra se recomienda hacerla en sistema de surcos dobles y en tresbolillo, para facilitar las diferentes labores agronómicas. En terrenos de ladera, esta actividad debe hacerse a través de la pendiente, para evitar pérdida del suelo por escorrentía. Al momento de la siembra, los colinos deben ser colocados verticalmente, asegurándose, que queden a 12 cm de profundidad y en buen contacto con el suelo (Vargas, 2009). Las distancias de siembra recomendadas para surcos dobles son: de 25 a 30 cm entre planta, 40 cm entre surcos y calles de 90 cm, obteniéndose de 51,000 a 61,000 plantas/ha (Vásquez Amariles, Ospina, Guerrero, & Quintero, 2022).

Riego

En piña, las necesidades de riego son mínimas. Sin embargo, en épocas de verano, específicamente en etapa de floración y fructificación, el riego es indispensable, para obtener frutos uniformes y de buena calidad (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018). Se recomienda aplicar de 3 a 4 mm de agua por día, después de los 5 meses de edad y de 4 a 5 mm, en etapas críticas del cultivo o cuando la precipitación es menor a los 1,000 mm/año (Rebolledo Martínez et al., 1998). Al respecto, el riego por goteo es el más recomendado para el cultivo de la piña ya que, su eficiencia en el uso del agua es del 95% y permite la aplicación de fertilizantes y agroquímicos, bajo el sistema de fertirriego (Paull & Duarte, 2011).

Manejo de malezas

En piña se recomienda aplicar un manejo integrado de malezas, el cual está conformado por prácticas culturales como la rotación de cultivos y uso de semilla de calidad; físicas tales como el acolchado plástico y control manual; químicas con la aplicación de herbicidas pre emergentes y post emergentes tempranos, en la etapa inicial del cultivo (Bernal Riobo, s.f).

Manejo de plagas y enfermedades más limitantes

- **Cochinilla harinosa (*Dysmicoccus brevipes*):** este insecto plaga es pequeño y de color blanco, que se localiza principalmente en la raíz y su alimento es la savia de la planta. El daño se caracteriza por una coloración rojiza de la planta, secamiento de hojas y pérdida de la raíz; Además, es el vector de la enfermedad conocida como Wilt o marchitez de la piña. Viven en simbiosis con hormigas que

se alimentan de sus secreciones azucaradas. Su manejo se basa en la desinfección de la semilla, buena nutrición al cultivo y eliminación de plantas enfermas (Rodríguez et al, 2009).

- **Sinfilidos (*Scutigerella immaculata*):** son pequeños artrópodos blancos, de cuerpo blando y antenas largas. Se mueven muy rápido en el suelo y se alimentan de las secciones más jóvenes de las raíces, causando en ellas, un síntoma conocido como escoba de bruja, lo cual afecta en la toma de nutrientes y crecimiento de la planta. Su manejo se basa en realizar una buena preparación del terreno, construcción de drenajes, monitoreos y aplicación químicas (Muñoz, 2018).

- **Tecla o gusano barrenador de la piña (*Strymon megarus*):** el adulto es una mariposa de color ceniza brillante. Ataca en la etapa de diferenciación floral, momento en el cual, la hembra deposita sus posturas en la parte superior de la inflorescencia. Las larvas emergen y se alimentan del fruto formando galerías internas, por las cuales salen exudaciones gomosas. Su manejo se recomienda hacerlo en forma integrada durante la etapa de floración, que consta de monitoreos, instalación de trampas y aplicaciones preventivas de insecticidas biológicos y químicos (Mesa et al, 2014).

- **Pudrición del cogollo (*Phytophthora spp*):** se presenta en cualquier etapa fenológica. Los síntomas se caracterizan por una clorosis en las hojas y pudrición húmeda de olor fétido en la base central del tallo, que causa desprendimiento fácil de las hojas. Para su manejo se recomienda desinfección de semilla, evitar encharcamientos mediante drenajes, erradicar plantas enfermas y aplicaciones químicas preventivas (Mesa et al., 2014).

- **Fusariosis (*Fusarium spp*):** los síntomas se caracterizan por un taponamiento de los haces vasculares en la base del tallo, frutos momificados de color café y hojas cloróticas retorcidas, con secamiento en forma descendente. El manejo se recomienda hacerlo en forma integrada donde se incluya buena selección y

desinfección de semilla, adecuada preparación del suelo, erradicación de plantas enfermas y aplicación de productos químicos como Prochloraz y Carbendazim (Vásquez Amariles et al., 2022).

- **Pudrición bacteriana (*Dickeya* spp):** en las hojas centrales causa pudrición acuosa y desprendimiento de las mismas; en el tallo provoca una decoloración y ablandamiento leve que, en estado avanzado puede llegar a licuar todo el tejido; en la fruta, la pudrición comienza desde la parte basal, con ablandamiento, fermentación y necrosis de la pulpa. Su manejo se recomienda hacerlo mediante establecimiento de drenajes para evitar el exceso de humedad, uso de semilla que provenga de lotes libres de la enfermedad, erradicación de plantas enfermas y aplicación de productos bactericidas como el Sulfato de gentamicina y Clorhidrato de oxitetraciclina (Mesa et al., 2014).

Fertilización

El plan de fertilización se fundamenta en la extracción de nutrientes que realiza la planta. Para el caso de la MD-2, en una densidad de 60,000 plantas/ha, la planta extrae, alrededor de 12 g de N, 4 de P, 14 de K, 4.6 de Ca, 3 de Mg, 2.8 de S, 0.1 de Mn, 0.17 de Fe, 0.01 de Cu, 0.1 de Zn, 0.038 de B y 0.017 de Mo. Después de conocer la extracción por parte de la planta, se debe hacer un análisis edáfico para conocer el aporte de nutrientes del suelo y con esto, determinar las dosis que se requieren aplicar. Durante el desarrollo del cultivo, el análisis foliar también es importante para hacer ajustes de las dosis establecidas. El plan de fertilización, se distribuye en 15 aplicaciones vía foliar, antes de la inducción floral (Uriza Ávila et al., 2018).

La fertilización edáfica en el cultivar MD-2, se inicia a los 20 y 50 días después del establecimiento del cultivo con aplicación de 10-30-10 como fuente de P, para estimular el desarrollo de raíz; posterior a estas aplicaciones, se continua con las foliares. Para mejorar la calidad y peso de la piña, se recomienda 4 fertilizaciones post inducción. En esta labor se debe hacer un análisis de la hoja D y a partir de los resultados, se determina las necesidades principalmente de K, Ca y B. Las dosis en esta etapa, se recomienda que sean la mitad de las dosis aplicadas antes de la inducción floral (Saavedra et al., 2022).

Inducción floral

La piña MD-2 es susceptible a floración natural, la cual ocasiona desprogramación en las cosechas y variación en el tamaño de la fruta, generando pérdidas económicas. Por esta razón, es necesario hacer la práctica de inducción floral, para homogenizar la floración del cultivo y así, obtener frutas de tamaño uniforme con fechas de cosecha programada (FAO, 2005). En la MD-2, los parámetros para definir el tiempo de la inducción floral dependen de: peso de la planta entre 3,2 y 3,5 kg y porcentaje de floración natural, no mayor del 5% (Vásquez Amariles et al., 2022). La inducción floral puede realizarse con hormonas como el Ethephon a razón de 160 a 200 ml más 2 kg de Urea / 200 L y 50 ml de la mezcla por planta. La aplicación debe ir dirigida al cogollo por lo que es recomendable usar bomba de espalda, para mayor precisión (Vásquez Amariles et al., 2022).

Cosecha

Antes de realizar la cosecha, se define el grado de maduración fisiológica de la fruta, el cual depende de las exigencias del mercado objetivo. Para la piña MD-2, la escala de maduración va desde 0 a 6, siendo 3 y 4 los estados óptimos de cosecha. Después de que la fruta pasa el estado 5, los azúcares se revierten ha alcoholes y la fruta pierde su valor comercial. Para evitar pérdidas de la fruta, es necesario tener en cuenta que el tiempo que transcurre entre la inducción floral y la cosecha, varía entre 170 y 180 días (Vásquez Amariles et al., 2022).

Manejo post cosecha

Después de la cosecha, la fruta debe manejarse con mucho cuidado, evitando el calentamiento en días de mucho sol y los golpes entre ellas o con superficies duras. Al llegar la fruta al punto de acopio, se debe realizar una selección por categorías de peso y posterior a esto, se hace el embalaje preferiblemente en canastas plásticas, para evitar que la fruta se someta a presiones, por el peso de toda la carga. Se debe procurar mantener el producto a una temperatura que no sea menor a 10°C, con el fin de reducir pérdida de peso y marchitamiento de corona (Arias Velázquez & Toledo Hevia, 2000).

2.7.3 Rendimiento y costos de producción de piña MD-2 en primera cosecha.

En zonas de ladera del Valle del Cauca, el cultivo de piña MD-2 con 55,000 y 60,000 plantas/ha, producen rendimientos entre 70 y 90 ton/ha en el primer ciclo. Respecto a los

costos de producción, para una hectárea de primera cosecha, se necesita invertir aproximadamente 54 millones de pesos. En la distribución de los costos por rubro, el 42% corresponde a la mano de obra, 35% a los insumos, 7% a los costos administrativos y 16% a los equipos y herramientas (Ramírez, Hurtado, & Jager, 2022).

2.8 Proceso productivo de segunda cosecha en piña MD-2

2.8.1 Concepto y características de segunda cosecha

La práctica de obtener una cosecha adicional de una plantación original o plantilla, se conoce como cosecha de retoños o segunda cosecha (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018). A diferencia de la primera, la segunda cosecha no requiere de labores iniciales de preparación de suelo y siembra, puesto que el ciclo inicia con plantas madres ya establecidas (Rebolledo Martínez., 1998). Esta labor tiene gran importancia en el proceso productivo de la piña, ya que, se obtiene fruta a un menor costo y en tiempo más corto, en comparación con un cultivo de plantilla, el cual requiere de mayor inversión y tiempo (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018).

El fruto de segunda cosecha es más dulce, con mejor acidez, buena consistencia interna y coloración homogénea. Sin embargo, las coronas tienden hacer curvas, debido a su posición inclinada en la planta (Rebolledo Martínez et al., 1998).

Se pueden obtener más de dos cosechas de una misma siembra, pero a medida que aumentan los ciclos, la producción y calidad de la fruta disminuye, debido a que la densidad de las plantas se incrementa, al igual que las enfermedades e insectos plagas, por lo que es recomendable producir una segunda cosecha y posteriormente sembrar un nuevo cultivo (Guido M, 1983).

2.8.2 Ciclo fenológico de la segunda cosecha

El ciclo de segunda cosecha inicia justo en la etapa reproductiva de la primera fase, debido a que, cuando la fruta está en desarrollo y maduración, la planta también inicia la formación

y desarrollo de colinos, que producirán la siguiente cosecha (León, 1968). Al finalizar la primera cosecha, los colinos de segunda cosecha ya tienen una edad de 4 meses aproximadamente y continúan su desarrollo vegetativo durante 6 meses más, tiempo en el cual, el colino ya está listo para la inducción floral (Rebolledo Martínez., 1998). Después de la inducción, el periodo que transcurre hasta la cosecha del fruto es de 6 meses (Paull & Duarte, 2011). Por lo anterior, el ciclo de segunda cosecha, es más corto con respecto al primero, ya que después de finalizar la primera cosecha, el cultivo tarda entre 11 y 12 meses, para producir la segunda cosecha (Gonzáles, 2019).

2.8.3 Rendimiento y costos de producción en segunda cosecha

Se estima que el rendimiento y costos de producción en la segunda cosecha, son por lo regular 20 o 30% más bajos que en la primera cosecha (Rebolledo Martínez et al., 1998). En condiciones de zonas de ladera en el Valle de Cauca, el rendimiento de la segunda cosecha en piña MD-2, varía entre 50 y 60 ton/ha (Ramírez, Hurtado, & Jager, 2022). En cuanto a costos de producción, se estima que la inversión para el segundo ciclo del cultivo, es aproximadamente de 35 a 40 millones de pesos (Gonzáles, 2019).

2.8.4 Metodologías disponibles para realizar segunda cosecha

Según Rebolledo Martínez et al. (1998), el manejo para obtener una segunda cosecha es el siguiente:

1. Las plantaciones destinadas para segunda cosecha deben ser estrictamente seleccionadas. El principal factor a tener en cuenta es la sanidad del cultivo, donde es recomendable llevar un programa sanitario bien definido, para identificar y eliminar las áreas con alta incidencia de plagas y enfermedades, que representen un riesgo de contaminación para los lotes que continúan su producción.
2. Teniendo en cuenta que el ciclo de producción de la soca con respecto al de plantilla es más corto, el manejo y aplicación de los insumos deben realizarse estrictamente bajo un programa definido, ya que son solo 6 meses para lograr obtener colinos sanos y equilibrados nutricionalmente, antes de la inducción floral. Los criterios y la forma para la aplicación de insumos en esta etapa, son semejantes

a los que se realizan en las plantillas. En cuanto al saneamiento de la soca, las actividades principales a realizar son las podas para la estimulación de los brotes, eliminación de plantas enfermas o con malformaciones genéticas y posteriormente la extracción de colinos mal situados y muy desarrollados, con el fin de uniformizar el cultivo, lo cual es una condición fundamental para hacer rentable la práctica de segunda cosecha.

3. Los monitoreos sanitarios son importantes y con ellos se debe definir un programa de manejo con productos comerciales adecuados. La soca tiene mayor biomasa que la plantilla, por lo tanto, se recomienda que las dosis de los productos a aplicar se aumenten en un 50%. También el volumen de agua que se emplea es mucho mayor y la frecuencia de aplicación es más corta.
4. En la selección de colinos para segunda cosecha, se debe eliminar los que están en la parte superior del tallo, procurando dejar los que tengan posición al centro del surco, para evitar el volcamiento en etapa de producción. Dependiendo del vigor de las plantas madres, se deja uno o dos colinos para su desarrollo.
5. Los requerimientos de nutrientes en la soca generalmente son la mitad de los que necesita una plantilla, debido a que la planta madre aún tiene reservas del ciclo anterior. El fruto de segunda cosecha tiende a hacer de mejor calidad, por lo que las aplicaciones de potasio deben reducirse, cuando la planta madre no presente síntomas de deficiencia.
6. En etapa de inducción floral, la aplicación de hormonas como el Ethephon, ayudan a uniformizar la floración y mejorar la programación de la segunda cosecha.
7. Generalmente el manejo manual de la segunda cosecha es complicado y puede elevar considerablemente los costos de producción. Por esta razón, las aplicaciones de insumos se las debe realizar con aspersoras de alto volumen, para una mejor eficiencia y menor costo en las operaciones (Rebolledo Martínez et al., 1998).

Otra metodología para realizar la segunda cosecha, es la del Instituto Colombiano Agropecuario ICA (1976), donde plantea que, al finalizar la primera cosecha, se deben extraer todos los colinos que nacen tanto en el tallo, como en la base del fruto, dejando solo un colino basal de la planta o uno axilar, el cual originará la cosecha posterior. El colino seleccionado debe quedar convenientemente localizado, para conservar el sistema de siembra. Se recomienda podar las hojas de la planta madre, para inducir un desarrollo más rápido y uniforme de la soca (ICA, 1976).

Garth, Bartholomew y Robert (2018), consideran que, para realizar la segunda cosecha, se debe tener en cuenta variables como: rendimiento de la cosecha anterior, estado sanitario del cultivo, estado nutricional y condiciones climáticas para esperar una buena producción. En cuanto a metodología, destacan la importancia de hacer podas, para mejorar la uniformidad del cultivo. Así mismo, consideran que las labores de fertilización, riego e inducción floral, se deben hacer igual que en la primera cosecha, teniendo en cuenta que la cantidad de fertilizante, generalmente es más baja en el segundo ciclo (Garth, Bartholomew, & Robert, 2018).

3. Materiales y métodos

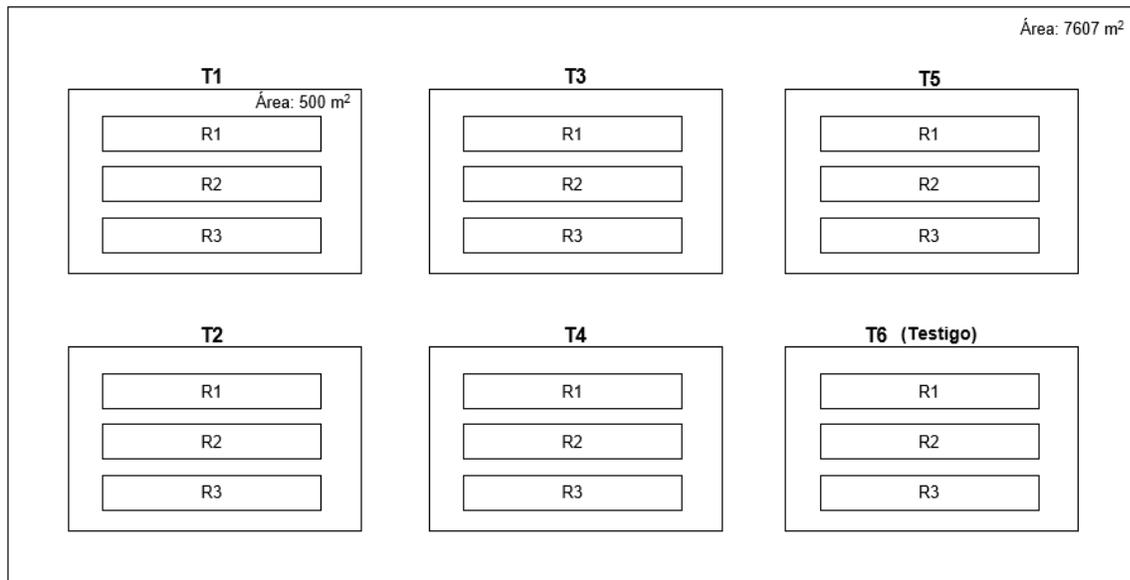
3.1 Localización y caracterización de la zona

La investigación se realizó en la finca El Encanto, ubicada en el corregimiento de Villahermosa, Municipio de Dagua, Valle del Cauca, con coordenadas 3° 62' Latitud Norte y 76° 67' Longitud Oeste. Se encuentra a una altura de 1,290 msnm, con temperatura promedio de 25°C, precipitación de 1,185 mm/año y humedad relativa del 80%. La zona de estudio corresponde a terrenos de ladera, que presentan entre un 25 y 30% de pendiente, textura de suelo franco/arcillosa y pH entre 5 y 5,5.

3.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones para un total de 18 unidades experimentales, en una parcela de 7607 m². Los tratamientos estuvieron conformados por 3000 plantas, los cuales se separaron con espacios de 1 m de ancho y para la delimitación de cada repetición, se colocaron banderas de colores (Figura 3-1).

Figura 3-1: Distribución de tratamientos y repeticiones en el diseño experimental.



3.3 Composición de los tratamientos

Para definir un modelo de segunda cosecha, se implementaron diferentes prácticas tecnológicas en cada tratamiento, las cuales se evaluaron al final del ciclo. Se incluyó un Testigo-agricultor para comparar los resultados del manejo tecnológico de la segunda cosecha con el manejo del agricultor (Tabla 3-1).

Tabla 3-1: Descripción de prácticas tecnológicas aplicadas en cada tratamiento.

Tratamientos	Prácticas tecnológicas
T1	Protocolo para la preparación de plantas Manejo integrado de insectos plaga y enfermedades Fertilización foliar con base a los análisis nutricionales Riego por goteo Acolchado plástico
T2	Protocolo para la preparación de plantas Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades Fertirriego con base a los análisis nutricionales Riego por goteo Acolchado plástico
T3	Protocolo para la preparación de plantas Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades Fertilización foliar con base a los análisis nutricionales Riego por goteo Acolchado plástico
T4	Protocolo para la preparación de plantas Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades Fertilización foliar con base a los análisis nutricionales Riego por goteo Sin acolchado plástico
T5	Protocolo para la preparación de plantas Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades Fertilización foliar con base a los análisis nutricionales Sin riego por goteo Acolchado plástico
(Testigo-agricultor)	Preparación de plantas con metodología del agricultor Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades Fertilización foliar sin análisis nutricionales Sin riego por goteo Acolchado plástico

3.3.1 Descripción de las unidades experimentales

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por 300 plantas, para un total de 900 por tratamiento.

3.3.2 Variables de respuesta

Las variables evaluadas en cada tratamiento fueron:

Rendimiento (ton/ha): para esta variable se pesó la fruta cosechada de cada tratamiento y los datos se expresaron en ton/ha (ver ecuación: 3-1).

$$\text{Rendimiento (ton/ha)} = \frac{\text{Rendimiento (Kg/planta)} \times \text{N}^{\circ} \text{ de plantas/ha}}{1000} \quad \text{Ecuación: 3-1}$$

Contenido de grados brix (°Bx): para esta variable, se tomaron frutas al azar de cada tratamiento durante la cosecha y con refractómetro portátil, se realizaron las mediciones del contenido de grados brix.

Incidencia de *Phytophthora* spp (%): se realizaron monitoreos por tratamiento cada 15 días durante todo el ciclo de segunda cosecha, para medir el porcentaje de incidencia (ver ecuación: 3-2).

$$\% \text{Incidencia} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas enfermas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas muestreadas}} \times 100 \quad \text{Ecuación: 3-2}$$

Daño por Tecla (%): se realizaron monitoreos por tratamiento cada 10 días durante el periodo de floración, llenado del fruto y post cosecha, para medir el porcentaje de daño (ver ecuación: 3-3).

$$\% \text{Daño} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de frutas afectadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de frutas muestreadas}} \times 100 \quad \text{Ecuación: 3-3}$$

Costo de producción por kg (COP): con los datos de costos totales y los kilogramos cosechados, se calcularon los costos de producción por kg en pesos colombianos (COP) (ver ecuación: 3-4).

$$\text{Costo de producción/Kg (COP)} = \frac{\text{Costo total (COP)}}{\text{Kg producidos}} \quad \text{Ecuación: 3-4}$$

Margen de ganancia por hectárea (%): esta variable se calculó con los datos de costos por hectárea y los ingresos de venta del producto por hectárea (ver ecuación: 3-5).

$$\% \text{ Margen de ganancia/ha} = \frac{\text{Ingresos/ha} - \text{Costo/ha}}{\text{Ingresos/ha}} \times 100 \quad \text{Ecuación: 3-5}$$

3.3.3 Análisis estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) en el software estadístico SAS versión 9,4 (2020); las comparaciones de medias entre tratamientos, se realizaron con el Test de Duncan al 95% de confianza y para los análisis de contraste entre tratamientos se realizaron contrastes ortogonales.

3.4 Conducción del experimento en campo

El experimento de segunda cosecha se estableció en un cultivo de piña MD-2 en etapa final de primera cosecha con sistema de surcos dobles y distancias de siembra de 30 cm entre plantas, 40 cm entre hileras y 90 cm entre calles. Desde primera cosecha, el cultivo tuvo un manejo tecnificado contando con tecnologías como: riego por goteo, fertirriego, acolchado plástico y estación meteorológica. Al finalizar la recolección de la fruta de primera cosecha (marzo de 2020), se conformaron los tratamientos de segunda cosecha según el diseño experimental establecido. Posteriormente se procedió a implementar el manejo tecnológico, con las siguientes labores:

3.4.1 Monitoreo para evaluar el estado general del cultivo que continua el manejo de segunda cosecha.

Se realizó un monitoreo en todos los tratamientos para observar el estado fitosanitario y nutricional del cultivo. En el monitoreo fitosanitario, se midió incidencia de patógenas limitantes como *Phytophthora* spp y *Fusarium* spp. También se monitoreó daños causados por insectos plaga, como los sinfílidos y la cochinilla harinosa (Figura 3-2A). Para el estado nutricional, se tuvo en cuenta el rendimiento anterior obtenido, vigorosidad de las plantas madre y color de las hojas después de la cosecha (Figura 3-2B). El monitoreo realizado indicó que el cultivo se encontró en óptimas condiciones fitosanitarias y nutricionales para continuar con la investigación de segunda cosecha.

Figura 3-2: Monitoreo general del cultivo que continua el manejo de segunda cosecha.



(A) Monitoreo fitosanitario del cultivo. (B) Monitoreo nutricional del cultivo.

3.4.2 Muestreo de suelos para análisis nutricional

Se tomaron muestras de suelo en cada tratamiento para analizar el estado nutricional y con esto, establecer los planes de fertilización en segunda cosecha. Para esta labor, se recolectó muestras de suelo de la parte central de las camas a una profundidad de 15 cm (Figura 3-3A). Se tomaron 4 submuestras por tratamiento para obtener una muestra representativa de 1 kg (Figura 3-3B). Las muestras se colocaron en bolsas plásticas debidamente rotuladas (Figura 3-3C), las cuales posteriormente se enviaron al laboratorio para los respectivos análisis.

Figura 3-3: Muestreo de suelo para análisis edáfico por tratamiento.



(A) Sitio de muestreo de suelo. (B) Toma de submuestras de suelo. (C) Muestra representativa de suelo por tratamiento.

3.4.3 Protocolo implementado para la preparación de plantas de segunda cosecha

El protocolo que se implementó para la preparación de plantas en los tratamientos con manejo tecnológico, se adaptó de la metodología propuesta por Rebolledo Martínez et al.

(1998) y de las recomendaciones de ICA (1976). También, para su definición, se tuvo en cuenta las metodologías usadas por los agricultores y el criterio agronómico con el cual, se buscó mejorar las prácticas de preparación. Con lo anterior, el protocolo se estableció y se aplicó con las siguientes labores agronómicas.

- **Cosecha y recolección de colinos basales del fruto**

El protocolo de preparación inicio con la cosecha de todos los colinos basales del fruto, pues, debido a su posición en el pedúnculo, se desprenden fácilmente de la planta madre y por lo tanto no son óptimos para la segunda cosecha (Figura 3-4A). Los colinos cosechados se colocaron sobre los surcos (Figura 3-4B), para luego ser recogidos en canastos (Figura 3-4C), esto con el fin de despejar las plantas madres de material vegetal, el cual es usado como semilla para nuevas siembras.

Figura 3-4: Cosecha y recolección de colinos basales del fruto.



(A) Cosecha de colinos basales del fruto. (B) Disposición de colinos basales sobre los surcos. (C) Recolección de colinos basales en canastos.

- **Poda de plantas madres**

Después de retirar del lote todos los colinos basales del fruto, se realizaron dos tipos de podas. La primera sobre hojas laterales, cortando 50 cm, medidos de afuera hacia adentro (Figura 3-5A). La segunda se realizó sobre las hojas superiores de la planta (copa), cortando 20 cm, medidos desde la copa hacia abajo (Figura 3-5B). Con esta labor se buscó uniformizar el crecimiento de la soca, estimular el desarrollo de los colinos axilares y permitir la entrada de luz y aire a las plantas, para evitar el desarrollo de insectos plaga y enfermedades. Esta labor también facilitó realizar las siguientes prácticas de preparación.

Figura 3-5: Poda de plantas madres.



(A) Poda lateral de hojas de plantas madres. (B) Poda de hojas superiores de plantas madres.

- **Eliminación de plantas madres con daño fisiológico**

Se eliminaron todas las plantas madres que presentaron deformaciones fisiológicas, esto con el fin de evitar que la fruta de segunda cosecha salga con la misma condición. Para esta labor, primeramente, se marcó con pintura las plantas madres que resultaron con problemas de tusa, fasciación o corona múltiple durante la cosecha del primer ciclo. Las plantas marcadas, se arrancaron del suelo (Figura 3-6A) y posteriormente con un machete se cortaron en pedazos para que se incorporen al suelo (Figura 3-6B).

Figura 3-6: Eliminación de plantas madres con daño fisiológico.



(A) Extracción de plantas madres con daño fisiológico (fasciación). (B) Plantas madres con daño fisiológico cortadas en pedazos.

- **Selección de colinos axilares para la segunda cosecha**

Después de la eliminación de plantas con daño fisiológico, se continuó con la selección de un solo colino axilar por planta, para la segunda cosecha. Puesto que parte fundamental del éxito en la segunda cosecha, depende del colino seleccionado, al momento de realizar la práctica, se tuvo en cuenta los siguientes criterios de selección: colino axilar bien

desarrollado, dirección del crecimiento hacia centro del surco, emisión próxima a la base de la planta, peso promedio entre 300 y 400 g, sin deformaciones y óptimo estado fitosanitario (Figura 3-7A). Después de seleccionar el colino axilar para segunda cosecha, se procedió a extraer los colinos axilares descartados, los cuales se colocaron invertidos sobre la planta madre (Figura 3-7B) y posteriormente se recogieron en canastos para retirarlos del lote y ser aprovechados para nuevas siembras (Figura 3-7C). En todo el cultivo, se buscó que el colino axilar seleccionado, fuera lo más uniforme posible en tamaño y peso, para garantizar uniformidad en el crecimiento y la cosecha (Figura 3-7D).

Figura 3-7: Selección de colinos axilares para la segunda cosecha.



(A) Selección del colino axilar para segunda cosecha. (B) Extracción de colinos axilares descartados. (C) Recolección de colinos axilares descartados en canastos. (D) Colinos axilares seleccionados para segunda cosecha con tamaño y peso uniforme.

- **Práctica de encajonamiento para el control del volcamiento de plantas**

Teniendo en cuenta que en segunda cosecha se aumenta el riesgo de volcamiento de plantas (Figura 3-8A), se implementó la práctica de encajonamiento de surcos con fibra de polipropileno, con el fin de reducir el problema. Esta práctica consistió en: 1. amarrar un extremo de la fibra en la primera planta del borde del surco (Figura 3-8B). 2. Extender la fibra amarrada por la parte lateral del surco hasta llegar al otro extremo, donde se realiza

un amarre en las plantas del borde y se regresa extendiendo la fibra por el otro lado del surco, hasta llegar al punto donde se inició (Figura 3-8C). 3. Amarrar fibras cortas de aproximadamente 70 cm en las fibras de los laterales a distancias de 1,5 m. 4. Pasar las fibras cortas por medio de las plantas y mediante una tensión amarrar estas fibras con la fibra del otro lado lateral del surco, para formar un cajón a media altura de la planta, el cual mantendrá las plantas en posición vertical, durante el desarrollo del cultivo (Figura 3-8D). La tensión que se ejerce sobre las fibras, es solo la necesaria para mantener la planta en posición vertical, de lo contrario las fibras obstruirán el crecimiento de las plantas.

Figura 3-8: Práctica de encajonamiento para el control del volcamiento de plantas.



(A) Plantas con problema de volcamiento. (B) Amarre de la fibra en la primera planta del borde del surco. (C) Extendido de la fibra por los laterales del surco. (D) Unión de las fibras cortas con las fibras laterales, para formar el encajonamiento.

- **Poda superficial en etapa de llenado de fruto**

Durante el experimento se observó que, en la etapa de llenado de fruto, las plantas alcanzaron abundante biomasa foliar, por lo que se realizó una poda extra de hojas superficiales (copa) (Figura 3-9A). En esta etapa, solo se cortó las puntas de las hojas superficiales para evitar dañar el fruto en desarrollo. Esta labor se realizó con el fin de aumentar la entrada de luz y con esto, mejorar el llenado del fruto (Figura 3-9B).

Figura 3-9: Poda superficial en etapa de llenado del fruto.



(A) Poda superficial (copa) en etapa de llenado de fruto. (B) Plantas con mejor entrada de luz, después de realizar la poda superficial.

3.4.4 Preparación de plantas en el Testigo-agricultor

La metodología del agricultor para preparación de plantas, consistió en: 1. retirar la mayoría de colinos basales del fruto. 2. retirar la cantidad de colinos axilares que necesita el agricultor para nuevas siembras y dejar los que sobran para la segunda cosecha. Con esta actividad las plantas madres quedaron con tres o dos colinos axilares, ya que no se llevó a cabo un proceso de selección. 3. Realizar podas de despunte y lateral para estimular el crecimiento de colinos.

3.4.5 Acolchado plástico

Teniendo en cuenta el diseño experimental, los tratamientos que contaron con acolchado plástico fueron el 1, 2, 3, 5 y Testigo-agricultor (Figura 3-10A), siendo el tratamiento 4, el único sin acolchado plástico (Figura 3-10B). Para esta práctica se usó plástico negro calibre 1, el cual fue implementado al momento de la siembra en el primer ciclo.

Figura 3-10: Tratamientos con y sin acolchado plástico.



(A) Acolchado plástico en los tratamientos 1, 2, 3, 5 y Testigo-agricultor. (B) Tratamiento 4 sin acolchado plástico.

3.4.6 Riego por goteo

Para esta práctica se usó un sistema de riego por goteo automatizado (Figura 3-11A) y una estación meteorológica de la marca Lynkbox, para la medición de variables de precipitación y evapotranspiración (Figura 3-11B). Estas tecnologías se instalaron al momento de la siembra en el primer ciclo. El riego por goteo se aplicó en los tratamientos 1, 2, 3 y 4 (Figura 3-11C). El tratamiento 5 y Testigo-agricultor no tuvieron riego por goteo.

Figura 3-11: Componentes para la aplicación del riego por goteo.



(A) Sistema de riego automatizado. (B) Estación meteorológica marca Lynkbox. (C) Cintas de riego por goteo.

Los requerimientos hídricos se calcularon con los siguientes datos:

- Capacidad de campo (CC): 27%
- Punto de marchitez permanente (PMP): 13%
- Densidad aparente: 1,33 g/cm³
- Profundidad efectiva de raíces: 30 cm
- Factor de agotamiento: 50%
- Eficiencia de aplicación del riego por goteo: 90%
- Evapotranspiración de referencia (ET_o): 4,51 mm/día
- K_c del cultivo: 0,30

Los datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente se definieron de acuerdo a la textura del suelo; la densidad aparente y profundidad efectiva se tomaron de los análisis edáficos realizados, la evapotranspiración de referencia y precipitación se tomó de la estación meteorológica y el factor de agotamiento, K_c del cultivo y eficiencia del riego por goteo, se tomaron de la guía para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos de la FAO (2006).

Partiendo de la información disponible, se determinó una lámina de riego (LARA) de 42 mm con una frecuencia de aplicación de 30 días, teniendo en cuenta una evapotranspiración real del cultivo de 1,4 mm/día. El riego por goteo se aplicó los primeros 4 meses después de iniciar la segunda cosecha; los meses siguientes hasta finalizar el ciclo fueron de constantes lluvias, las cuales permitieron cubrir el requerimiento hídrico en todos los tratamientos, incluyendo los tratamientos que no tuvieron riego por goteo (T5 y Testigo-agricultor).

3.4.7 Fertilización foliar

Se establecieron dos planes de fertilización foliar para los tratamientos 1, 3, 4 y 5. El primer plan para etapa de desarrollo vegetativo, se elaboró a partir de análisis edáficos realizados al comienzo de la segunda cosecha; el segundo plan para post inducción, se elaboró a partir de análisis foliares (Hojas D), realizados antes de la inducción floral (Tabla 3-2).

Tabla 3-2: Planes de fertilización foliar para etapas de desarrollo vegetativo y post inducción.

Fertilización foliar	Etapa	Plan de fertilización	
		Fertilizante	Dosis / 200 L
1	Desarrollo vegetativo	Urea	6 (kg)
		Fosfato monoamónico (MAP)	4 (kg)
		Sulfato de potasio	7 (kg)
		Sulfato de magnesio	3.5 (kg)
		Nitrato de calcio	200 (g)
		Sulfato de zinc	200 (g)
		Boro	200 (g)
		Sulfato de hierro	150 (g)
		Manganeso	200 (g)
		Ácido cítrico	36 (g)
2	Post inducción	Sulfato de potasio	2 (kg)
		Sulfato de magnesio	2 (kg)
		Quelato de calcio	300 (g)
		Ácido bórico	200 (cc)

Las mezclas de fertilizantes se prepararon en canecas de 500 L (Figura 3-12A) y se aplicaron con bomba estacionaria (Figura 3-12B). Se realizaron 11 aplicaciones del primer plan, con frecuencia de 15 días, hasta el tiempo de la inducción floral y el plan de post

inducción, se aplicó 10 días después de la inducción floral, con frecuencia de 10 días, hasta completar 4 aplicaciones.

Figura 3-12: Práctica de fertilización foliar.



(A) Preparación de la mezcla de fertilización. (B) Aplicación foliar con bomba estacionaria.

El plan de fertilización en el Testigo-agricultor se definió según el criterio del agricultor propietario de la finca, sin tener en cuenta análisis edáficos o foliares (Tabla 3-3). Se realizaron 11 aplicaciones del plan con frecuencia de 15 días, hasta el tiempo de la inducción floral. Las aplicaciones se realizaron con bomba estacionaria.

Tabla 3-3: Plan de fertilización foliar del Testigo-agricultor.

Plan de fertilización	
Fertilizante	Dosis / 200 L
Urea	3 (kg)
Fosfato monoamónico (MAP)	500 (g)
Cloruro de potasio	5 (kg)
Sulfato de magnesio	2 (kg)
Nitrato de calcio	200 (g)
Sulfato de zinc	200 (g)
Boro	200 (g)
Ácido cítrico	36 (g)

3.4.8 Fertirriego

Se establecieron dos planes de fertirriego para el tratamiento 2. El primer plan para desarrollo vegetativo, se elaboró basado en los análisis edáficos realizados al inicio de la segunda cosecha y el segundo plan para post inducción, se elaboró a partir de análisis foliares realizados antes de la inducción floral. En los planes de fertirriego se emplearon fertilizantes altamente solubles, para evitar taponamiento de goteros (Tabla 3-4).

Tabla 3-4: Planes de fertirriego para las etapas de desarrollo vegetativo y post inducción en el tratamiento 2.

Fertirriego	Etapa	Plan de fertilización	
		Fertilizante	Dosis / 200 L
1	Desarrollo vegetativo	Nitrógeno soluble al 23%	1,5 (L)
		Fosforo soluble al 61%	0,5 (kg)
		Potasio soluble al 43%	2 (kg)
		Quelato de magnesio	100 (g)
		Quelato de calcio	100 (g)
		Quelato de zinc	100 (g)
		Quelato de boro	150 (g)
		Quelato de hierro	50 (g)
2	Post inducción	Potasio soluble al 43%	2 (kg)
		Quelato de magnesio	300 (g)
		Quelato de calcio	300 (g)
		Quelato de boro	200 (g)

Las mezclas de fertirriego se prepararon en un tanque de 500 L conectado a la bomba de succión del sistema de riego por goteo (Figura 3-13A). Se realizaron 11 aplicaciones de fertirriego para desarrollo vegetativo con descarga de 100 cc por planta y frecuencia de aplicación de 15 días, hasta el momento de inducción floral (Figura 3-13B). Diez días después de la inducción, se aplicó el fertirriego post inducción con la misma descarga por planta y frecuencia de 10 días, hasta completar 4 aplicaciones.

Figura 3-13: Práctica de fertirriego.



(A) Preparación de la mezcla en tanque de fertirriego. (B) Aplicación del fertirriego con el sistema de riego por goteo automatizado.

3.4.9 Manejo integrado de insectos plaga y enfermedades

El manejo integrado de insectos plaga y enfermedades se aplicó en el tratamiento 1. Para esta práctica se integró el control cultural, etológico, biológico y químico. En el control cultural de enfermedades limitantes como *Phytophthora* spp y *Fusarium* spp, se realizaron labores de eliminación de plantas enfermas (Figura 3-14A), mantenimiento de drenajes (Figura 3-14B) e instalación de pediluvios con oxiclóruo de cobre (Figura 3-14C). El control cultural de insectos plaga, se realizó mediante eliminación de plantas hospederas de Tecla (Figura 3-14D) y para el caso de sinfílicos se realizaron monitoreos de raíces con el fin de identificar focos tempranos (Figura 3-14E). En el control etológico, se instalaron trampas adhesivas de color amarillo y rojo (Figura 3-14F) y trampas adhesivas con luz para el control adultos de Tecla (Figura 3-14G). Los insumos biológicos se aplicaron con bomba de espalda en horas de la mañana (Figura 3-14H) y los químicos con bomba estacionaria (Figura 3-14I); los productos biológicos y químicos se aplicaron intercaladamente con las dosis recomendadas, según la etiqueta de cada producto (Tabla 3-5). La frecuencia de aplicación varió entre 10 y 15 días de acuerdo con los resultados de los monitoreos. La mayoría de las aplicaciones estuvieron dirigidas hacia el control de *Phytophthora* spp y Tecla, dado que, los monitoreos registraron incidencia de *Fusarium* spp y daño por sinfílicos, solo en el primer mes después de iniciar del ciclo de segunda cosecha.

Figura 3-14: Manejo integrado de insectos plaga y enfermedades.



(A) Eliminación de plantas enfermas. (B) Mantenimiento de drenajes. (C) Pediluvios con oxiclورو de cobre. (D) Eliminación de plantas hospederas de insectos plaga. (E) Monitoreo de raíces para identificar focos de sinfílicos. (F) Trampas adhesivas de color amarillo y rojo para control de adultos de Tecla. (G) Trampas adhesivas con luz para el control de adultos de Tecla. (H) Aplicación de controles biológicos con bomba de espalda. (I) Aplicación de controles químicos con bomba estacionaria.

Tabla 3-5: Productos biológicos y químicos aplicados en el manejo integrado de insectos plaga y enfermedades.

Patógeno / Insectos plaga	Producto biológico (Dosis/200 L)	Producto químico
<i>Phytophthora</i> spp	<i>Trichoderma</i> (200 g)	Metalaxil + Mancozeb 500 g /200L Fosetyl de aluminio 600 g / 200L
<i>Fusarium</i> spp	<i>Trichoderma</i> (200g)	Procloraz 160 cc / 200L
Tecla (<i>Strymon megarus</i>)	<i>Bacillus thuringiensis</i> (200 g) <i>Beauveria bassiana</i> (200 g)	Carbarilo 500 g / 200L
Sinfílicos (<i>Scutigerella</i> spp)	<i>Lecanicillium lecanii</i> (250 g)	Cadusafos 1 g / planta

3.4.10 Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades

El manejo convencional de insectos plaga y enfermedades se aplicó en los tratamientos 2, 3, 4, 5 y Testigo-agricultor. Para esta práctica se emplearon insecticidas químicos convencionales que se usan constantemente en el cultivo de piña MD-2 (Tabla 3-6).

Tabla 3-6: Productos químicos aplicados en el manejo convencional de insectos plaga y enfermedades.

Patógeno / Insectos plaga	Producto químico
<i>Phytophthora</i> spp	Metalaxil + Mancozeb 500 g / 200L Fosetyl de aluminio 600 g / 200L Dimethomorph 120 g / 200L
<i>Fusarium</i> spp	Procloraz 160 cc / 200L
Tecla (<i>Strymon megarus</i>)	Carbarilo 500 g / 200L Novaluron + Bifentrina 27 cc / 200L
Sinfílicos (<i>Scutigerella</i> spp)	Cadusafos 1 g / planta

Los ingredientes activos se rotaron para evitar resistencia de la enfermedad o insecto plaga y las dosis se determinaron según la recomendación de la etiqueta de cada producto. La frecuencia de aplicación varió entre 10 y 15 días de acuerdo a los monitoreos realizados. Para esta actividad se preparó las mezclas de los agroquímicos en tanques de 500 L (Figura 3-15A) y se aplicó con bomba estacionaria (Figura 3-15B). Las aplicaciones del manejo convencional, también en su mayoría estuvieron dirigidas hacia el control de *Phytophthora* spp y Tecla, pues, *Fusarium* spp y Sinfílicos se presentaron, solo en el primer mes después de iniciar del ciclo de segunda cosecha.

Figura 3-15: Manejo convencional de insectos plaga y enfermedades.



(A) Preparación de mezclas con productos químicos. (B) Aplicación de control químico con bomba estacionaria.

3.4.11 Manejo de arvenses

Durante el ciclo de segunda cosecha se realizaron 2 controles de forma manual. El primero al inicio del ciclo y el segundo después de tres meses.

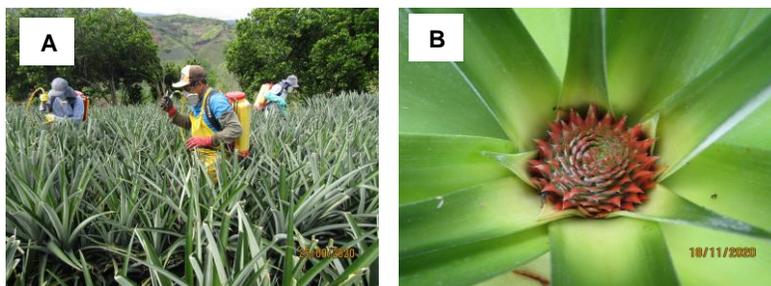
Figura 3-16: Control manual de arvenses.



3.4.12 Inducción floral

Esta práctica se aplicó en todos los tratamientos a los 6 meses después de iniciar el ciclo de segunda cosecha. El tiempo de inducción floral (TIF), se determinó con los parámetros de porcentaje de floración natural y peso de la planta completa (planta madre más colino axilar). Cuando los monitoreos mostraron entre 20 y 30% de floración natural y peso promedio de la planta entre 3,5 y 5 kg se realizó la inducción floral, mediante la aplicación de Ethephon (300 cc) más Urea (5 kg) / 200 L. Para mayor eficiencia de la inducción se utilizó bombas de espalda y se aplicó la mezcla en horas de la mañana (Figura 3-17A). A los 45 y 52 días después de la inducción floral, aparecieron las inflorescencias con una eficiencia del 98% (Figura 3-17B).

Figura 3-17: Inducción floral en segunda cosecha.



(A) Práctica de inducción floral con bomba de espalda. (B) Desarrollo de inflorescencias a los 45 y 52 días después de la inducción floral.

3.4.13 Cosecha y post cosecha

La fruta de segunda cosecha alcanzó la madurez fisiológica a los 6 meses después de realizar la inducción floral. Cumplido este tiempo, se cosechó la fruta por separado de cada tratamiento (Figura 3-18A) y se llevó a un centro de acopio que se construyó cerca del lote experimental, para realizar las labores de post cosecha como pesaje de la fruta, medición de grados brix, monitoreo de fruta afectada por Tecla, clasificación por categorías de calidad y venta del producto (Figura 3-18B). Una vez finalizada esta etapa, se procesó toda la información para el respectivo análisis estadístico.

Figura 3-18: Labor de cosecha y post cosecha.



(A) Cosecha de la fruta por tratamiento. (B) Manejo post cosecha de la fruta por tratamiento.

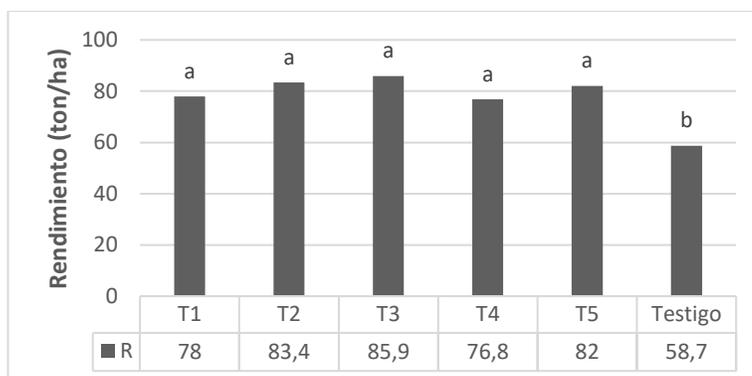
4. Resultados y discusión

4.1 Efecto de los tratamientos en las variables de respuesta

4.1.1 Rendimiento (ton/ha)

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos en el rendimiento de segunda cosecha. En la prueba de comparación de medias de Duncan, se observó que el rendimiento de los tratamientos con manejo tecnológico T1, T2, T3, T4 y T5, presentaron diferencias significativas con el rendimiento del Testigo-agricultor, el cual obtuvo el menor valor (58,7 ton/ha). Entre los tratamientos con manejo tecnológico no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento; sin embargo, el T3 obtuvo el mayor promedio con 85,9 ton/ha (Figura 4-1).

Figura 4-1: Rendimiento en ton/ha por tratamiento.



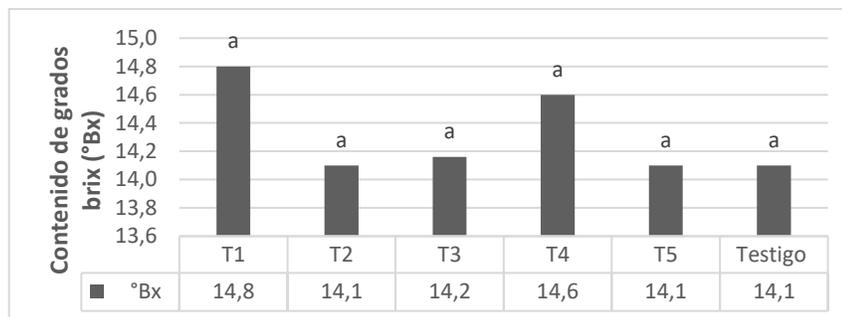
El rendimiento de segunda cosecha, según Ramírez et al., (2022), varía entre 50 y 60 ton/ha. Este reporte coincide con el rendimiento obtenido en el Testigo-agricultor, el cual fue de 58,7 ton/ha. En cuanto a los tratamientos con manejo tecnológico, los valores fueron mayores a lo reportado por los autores, ya que se alcanzó un rendimiento promedio de 81,2 ton/ha.

Al comparar los rendimientos de primera y segunda cosecha de los tratamientos con manejo tecnológico, se encontró que el rendimiento en segunda cosecha disminuyó 21,9% con respecto a la primera, donde se obtuvo un promedio de 104 ton/ha. Para el caso del Testigo-agricultor, el rendimiento en segunda cosecha fue 45,3% más bajo que la primera. Estos resultados se acercan a lo reportado por Rebolledo Martínez et al., (1998), quienes estiman que el rendimiento de la segunda cosecha, es por lo regular 20 o 30% menor que la primera.

4.1.2 Contenido de grados brix (°Bx)

Los tratamientos mostraron un contenido de grados brix entre 14,1 y 14,8, sin presentar diferencias significativas entre ellos (Figura 4-2). Según Sánchez Hernández, Ahuja Mendoza y Acevedo Gómez (2015), el rango óptimo de grados brix para la MD-2, varía entre 11 y 17; indicando con esto, que los grados brix obtenidos en todos los tratamientos de segunda cosecha se encuentran en el rango óptimo de calidad.

Figura 4-2: Contenido de grados brix (°Bx) por tratamiento.



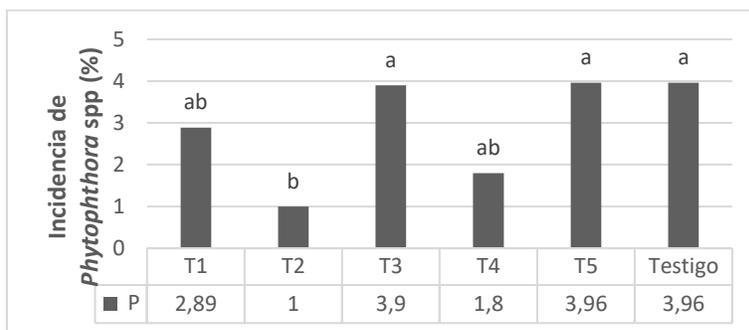
4.1.3 Incidencia de *Phytophthora* spp (%)

Los tratamientos T3, T5 y Testigo-agricultor presentaron la mayor incidencia de *Phytophthora* spp; estos tratamientos se diferenciaron significativamente del T2, el cual obtuvo la menor incidencia (1,0%). La incidencia en el T1 y T4, no mostró diferencias significativas con los valores altos y bajos de los demás tratamientos (Figura 4-3).

La incidencia de *Phytophthora* spp causante de la pudrición del cogollo, estuvo influenciada por la topografía del terreno y las precipitaciones; al respecto, los tratamientos con mayor depresión (T1, T3, T4, T5 y Testigo-agricultor) presentaron mayores problemas de

encharcamiento por las lluvias, lo que favoreció el incremento de la enfermedad. Estos resultados confirman lo reportado por Mesa et al., (2014), quienes consideran que *Phytophthora* spp, se disemina en mayor cantidad en condiciones de alta humedad y terrenos encharcados. El manejo realizado en cada tratamiento permitió que la incidencia no sobrepasara del 4%, evitando en esta forma, una pérdida mayor en el número de plantas.

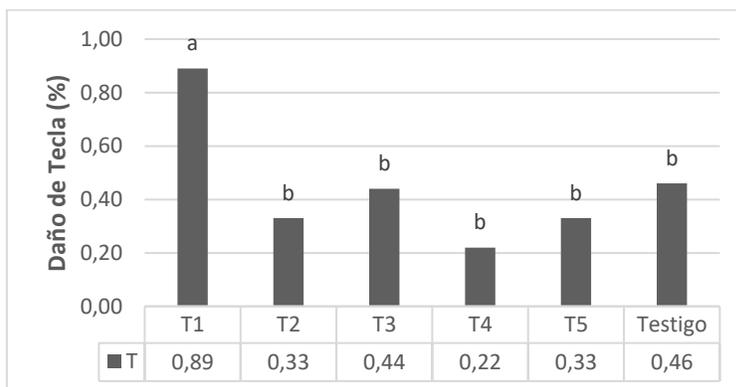
Figura 4-3: Incidencia de *Phytophthora* spp (%) por tratamiento.



4.1.4 Daño de Tecla (%)

El tratamiento con manejo integrado de insectos plaga T1, presentó el mayor porcentaje de fruta afectada por Tecla, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos con manejo convencional, los cuales mostraron el menor porcentaje de daño (Figura 4-4).

Figura 4-4: Daño de Tecla (%) por tratamiento.



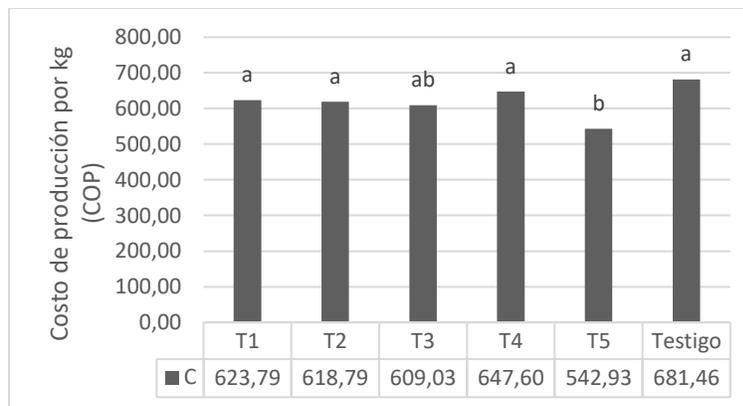
En cuanto a la importancia del daño causado por Tecla en los tratamientos, Serna Vásquez (1998), reporta que un 15% de daño, representa un nivel de infestación alto, recomendando en ese punto, intensificar los controles para evitar incurrir en pérdidas

considerables. Teniendo en cuenta, lo anterior, se puede decir que, aunque se presentaron diferencias significativas, el manejo aplicado fue eficiente, dado que el daño general de Tecla en cada tratamiento fue menor del 1%.

4.1.5 Costos de producción por kg (COP)

El T5 presentó el menor costo de producción por kg, diferenciándose significativamente del Testigo-agricultor, T4, T2 y T1, donde se encontraron los costos de producción por kg más altos. El T3 con un valor de 609,03 COP, no mostró diferencias significativas con el T5 que tuvo el costo más bajo, pero tampoco se diferenció significativamente de los tratamientos con los costos más altos. (figura 4-5).

Figura 4-5: Costo de producción por kg en pesos colombianos (COP), por tratamiento.

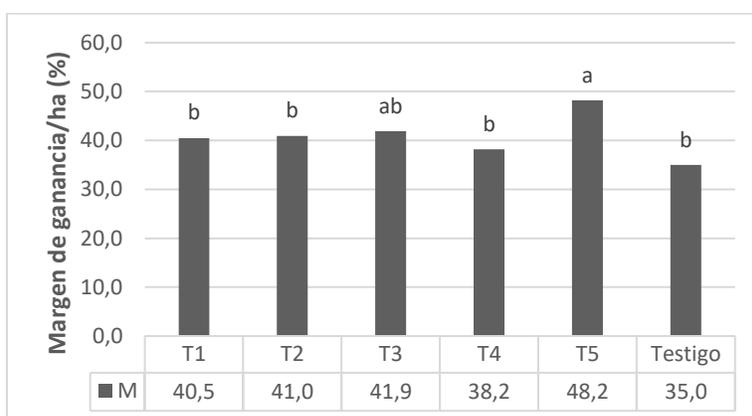


El T3 con uno de los costos de producción por kg más bajos, fue el tratamiento con el mejor rendimiento promedio, mientras que el Testigo-agricultor con el rendimiento más bajo, mostró el costo de producción por kg más alto. Estos resultados coincidieron con lo reportado por Ramírez, Hurtado y Jager (2022), quienes mencionan que existe una relación directa entre el rendimiento y el costo de producción por kg, ya que entre mayor es el rendimiento, el costo de producción por kg será menor y viceversa. El mismo comportamiento se observó en los costos de producción por kg de T1, T2 y T4. Los autores también afirman que el costo por kg, puede variar de acuerdo al nivel de tecnificación, densidad de siembra, prácticas de manejo, costos totales de producción, entre otros factores. Lo anterior explica el resultado del T5, que, aun cuando su rendimiento no fue más alto que en el T3, éste presentó el menor costo de producción por kg, debido a que el T5 no incluyó el costo del riego por goteo, a diferencia del T3 que si lo incluyó.

4.1.6 Margen de ganancia por hectárea (%)

El T5 mostró el mayor margen de ganancia por hectárea con 48,2%, diferenciándose significativamente del Testigo-agricultor, el cual obtuvo el menor valor (35%). Después del T5, el mejor margen de ganancia fue el del T3, ya que entre los dos tratamientos no hubo diferencias significativas; sin embargo, el T3 tampoco se diferenció significativamente de los márgenes más bajos. Los valores del T4, T1 y T2, no presentaron diferencias significativas con el margen de ganancia del Testigo-agricultor (Figura 4-6).

Figura 4-6: Margen de ganancia por hectárea (%) por tratamiento.



Los resultados mostraron que el margen de ganancia por hectárea presentó una relación directa con el costo de producción por kg, ya que el T5 y T3 con los costos por kg más bajos, obtuvieron los márgenes de ganancia más altos. El mismo comportamiento se observó con los demás tratamientos, pues, al tener costos de producción por kg altos, mostraron márgenes de ganancia bajos. Esto concuerda con el aporte de Ramírez, Hurtado y Jager (2022), quienes mencionan que entre los factores que influyen en el margen de ganancia, está el rendimiento, costos de producción, calidad de la fruta y precio del mercado.

4.2 Contraste de tratamientos para el efecto de las prácticas tecnológicas

4.2.1 Manejo integrado de insectos plaga y enfermedades (T1) vs manejo convencional (T3)

El tratamiento con manejo integrado T1, presentó el mayor porcentaje de fruta afectada por Tecla (0,89%), diferenciándose significativamente del tratamiento con manejo convencional T3, el cual obtuvo un porcentaje de daño del 0,44%. El mayor daño por Tecla en el T1, pudo haber sido influenciado por la forma de acción del control biológico que se aplicó y el efecto del control químico sobre éste, pues según Jiménez (2009), los organismos biológicos tardan más en actuar, debido a que deben establecerse y además son susceptibles a los plaguicidas. Para el caso de incidencia de *Phytophthora* spp, los dos tratamientos no mostraron diferencias significativas; no obstante, el T1 presentó el menor porcentaje. En cuanto al rendimiento, grados brix, costo de producción por kg y margen de ganancia por hectárea, los dos tratamientos tampoco presentaron diferencias significativas; sin embargo, se destaca el T3 por mostrar el mayor rendimiento, menor costo de producción por kg y mayor margen de ganancia por hectárea (Tabla 4-1).

Tabla 4-1: Contraste de resultados del manejo integrado de insectos plaga y enfermedades, con el manejo convencional (T1 vs T3).

Variables	Tratamientos de contraste		Pr < 0,05 ¹
	T1 (Manejo Integrado)	T3 (Manejo convencional)	
Rendimiento (ton/ha)	78	85,9	0,0979 Ns
Grados brix (°Bx)	14,8	14,2	0,1089 Ns
Costo de producción/kg (COP)	623,79	609,03	0,6622 Ns
Margen de ganancia/ha (%)	40,5	41,9	0,6626 Ns
Incidencia de <i>Phytophthora</i> spp (%)	2,89	3,9	0,3156 Ns
Daño por Tecla (%)	0,89	0.44	0,0029 *

¹ = Probabilidad < 5%. Ns= no hay diferencia significativa. *= diferencia significativa

4.2.2 Fertirriego (T2) vs fertilización foliar (T3)

Los dos tratamientos no presentaron diferencias significativas en el rendimiento; no obstante, el rendimiento del tratamiento con fertilización foliar T3, fue mayor con una diferencia de 2.5 ton/ha. Este resultado fue similar a al ensayo realizado por Urrea, Ospina y Bastidas (2017), donde encontraron que la fertilización dirigida a las axilas tuvo mejor respuesta en el desarrollo vegetativo y radical en comparación a la fertilización dirigida al suelo. En costos de producción por kg y margen de ganancia por hectárea, tampoco hubo diferencias significativas; sin embargo, el T3 sobresale del T2, por mostrar un costo de producción por kg más bajo y un margen de ganancia más alto. El tratamiento con fertilización foliar T3, presentó la mayor incidencia de *Phytophthora* spp con 3,9%, diferenciándose significativamente del T2, el cual presento un valor de 1%. Se observó que la mayor incidencia del T3 fue influenciada por los problemas de encharcamiento que ocurrieron durante la época de altas precipitaciones y no por el tipo de fertilización. Con respecto a las variables de grados brix y daño por Tecla, no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos (Tabla 4-2).

Tabla 4-2: Contraste de resultados del fertirriego con la fertilización foliar (T2 vs T3)

Variables	Tratamientos de contraste		Pr < 0,05 ¹
	T2 (Fertirriego)	T3 (Fertilización foliar)	
Rendimiento (ton/ha)	83,4	85,9	0,5756 Ns
Grados brix (°Bx)	14,1	14,2	0,8584 Ns
Costo de producción/kg (COP)	618,79	609,03	0,7723 Ns
Margen de ganancia/ha (%)	41	41,9	0,7725 Ns
Incidencia de <i>Phytophthora</i> spp (%)	1,0	3,9	0,0109 *
Daño por Tecla (%)	0,33	0,44	0,3771 Ns

¹ = Probabilidad < 5%. Ns= no hay diferencia significativa. *= diferencia significativa

4.2.3 Sin acolchado plástico (T4) vs con acolchado plástico (T3)

Los tratamientos, no presentaron diferencias significativas en el rendimiento; sin embargo, el tratamiento con acolchado plástico T3, obtuvo el mayor rendimiento promedio, con una diferencia representativa de 9,1 ton/ha, con respecto al tratamiento sin acolchado plástico T4. Según Toral, Uriza Ávila y Lopez (2013), la diferencia en el rendimiento puede deberse a que la implementación del acolchado plástico mejora las condiciones de humedad y

temperatura del suelo, lo que permite que la planta tenga un mejor desarrollo y por lo tanto un mayor rendimiento. En el costo de producción por kg, no hubo diferencias significativas; no obstante, el T3, al tener un rendimiento más alto, tuvo el menor costo de producción por kg con 609,03 COP. En cuanto al margen de ganancia por hectárea, no se presentaron diferencias significativas, aunque el T3 sobresale del T4, por mostrar el mayor margen de ganancia con 41,9%. En las variables de grados brix, incidencia de *Phytophthora* spp y daño por Tecla, los tratamientos no mostraron diferencias significativas entre ellos (Tabla 4-3).

Tabla 4-3: Contraste de resultados sin acolchado y con acolchado plástico (T4 vs T3)

Variables	Tratamientos de contraste		Pr < 0,05 ¹
	T4 (Sin acolchado plástico)	T3 (Acolchado plástico)	
Rendimiento (ton/ha)	76,8	85,9	0,0586 Ns
Grados brix (°Bx)	14,6	14,2	0,2589 Ns
Costo de producción/kg (COP)	647,60	609,03	0,2645 Ns
Margen de ganancia/ha (%)	38,2	41,9	0,2642 Ns
Incidencia de <i>Phytophthora</i> spp (%)	1,8	3,9	0,0501 Ns
Daño por Tecla (%)	0,22	0,44	0,0915 Ns

¹ =Probabilidad < 5%. Ns= no hay diferencia significativa.

4.2.4 Sin riego por goteo (T5) vs con riego por goteo (T3)

Los tratamientos no mostraron diferencias significativas en el rendimiento. Este resultado pudo estar influenciado por las constantes precipitaciones que se presentaron durante el estudio, las cuales cubrieron la demanda hídrica del T5, por lo que aún, sin aplicar riego por goteo, este tratamiento no presentó estrés hídrico tanto en la etapa vegetativa como en la reproductiva. Este resultado concuerda con Bonét, Brown, Guerrero, González y Hernández (2014) quienes mencionan que, si no hay déficit hídrico en etapas claves como la floración y llenado del fruto, el rendimiento de la piña no se verá afectado. En el costo de producción por kg, sin diferencias significativas, el T5 mostró el menor valor con 542,93 COP, debido a la influencia del rendimiento obtenido y bajo costo de producción, al no incluir el costo del riego por goteo. En el margen de ganancia por hectárea no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos, sin embargo, el T5, por el bajo costo de producción por kg, mostró el mayor margen de ganancia con 48,2%. En el

contenido de grados brix, incidencia de *Phytophthora* spp y daño por Tecla, los tratamientos tampoco presentaron diferencias significativas (Tabla 4-4).

Tabla 4-4: Contraste de resultados con riego por goteo y sin riego por goteo.

Variables	Tratamientos de contraste		Pr < 0,05 ¹
	T5 (Sin riego por goteo)	T3 (Riego por goteo)	
Rendimiento (ton/ha)	82	85,9	0,3795 Ns
Grados brix (°Bx)	14,1	14,2	0,8584 Ns
Costo de producción/kg (COP)	542,93	609,03	0,0679 Ns
Margen de ganancia/ha (%)	48,2	41,9	0,0680 Ns
Incidencia de <i>Phytophthora</i> spp (%)	3,96	3,9	0,9460 Ns
Daño por Tecla (%)	0,33	0,44	0,3771 Ns

¹ = Probabilidad < 5%. Ns= no hay diferencia significativa.

4.2.5 Protocolo para la preparación de plantas (T5) vs metodología del agricultor (Testigo-agricultor)

El rendimiento del tratamiento con protocolo para la preparación de plantas T5 fue más alto con 82 ton/ha, mostrando diferencias altamente significativas con el rendimiento del Testigo-agricultor, el cual obtuvo 58,7 ton/ha. Este resultado, también pudo haber sido influenciado por los planes de fertilización aplicados, pues, en el T5 a diferencia del Testigo-agricultor, la fertilización se realizó con base a los análisis nutricionales de suelo/hojas. En el costo de producción por kg, el T5 obtuvo el menor costo con 542,93 COP, marcando una diferencia altamente significativa con el Testigo-agricultor donde el costo fue de 681,46 COP. El margen de ganancia por hectárea más alto lo obtuvo el T5 con 48,2%, con diferencias altamente significativas con el margen del Testigo-agricultor, el cual fue de 35%. En las variables de grados brix, incidencia de *Phytophthora* spp y daño por Tecla, no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos (Tabla 4-5).

Tabla 4-5: Contraste de resultados del protocolo para la preparación de plantas, con la metodología del agricultor (T5 vs Testigo-agricultor).

Variables	Tratamientos de contraste		Pr < 0,05 ¹
	T5 (Protocolo para la preparación de plantas)	Testigo-agricultor (Metodología del agricultor)	
Rendimiento (ton/ha)	82	58,7	0,0002 **
Grados brix (°Bx)	14,1	14,1	1,0000 Ns
Costo de producción/kg (COP)	542,93	681,46	0,0012 **
Margen de ganancia/ha (%)	48,2	35	0,0012 **
Incidencia de <i>Phytophthora</i> spp (%)	3,96	3,96	1,0000 Ns
Daño por Tecla (%)	0,33	0,46	0,2997 Ns

¹=Probabilidad < 5%. Ns= no hay diferencia significativa. **= diferencia altamente significativa

5. Conclusiones

- Con este estudio, se obtuvo un paquete tecnológico para el manejo de segunda cosecha de piña MD-2 en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca. Mediante los tratamientos evaluados, se conocieron las prácticas recomendadas para conformar el paquete tecnológico, los costos de producción y la rentabilidad obtenida.
- Teniendo en cuenta los resultados de las variables evaluadas en cada tratamiento, el T3 con prácticas tecnológicas de: protocolo de preparación de plantas, fertilización foliar basada en los análisis de suelo y hojas, riego por goteo, acolchado plástico y manejo convencional de insectos plaga y enfermedades, fue seleccionado como uno de los mejores paquetes tecnológicos de segunda cosecha. Este tratamiento al incluir sistema de riego por goteo, aseguraría óptimas cosechas en épocas de sequía y además con el sistema puede implementarse el modelo del T2 que incluye fertirriego. El T5 que a diferencia del T3 no tuvo la práctica de riego por goteo, también se considera una opción de paquete tecnológico de segunda cosecha, especialmente para épocas donde las precipitaciones puedan cubrir el requerimiento hídrico del cultivo.
- El protocolo implementado para la preparación de plantas en segunda cosecha, la fertilización basada en análisis edáficos y foliares, son prácticas que influyen positivamente en el rendimiento de segunda cosecha; por lo anterior, se consideran esenciales dentro del paquete tecnológico.

- Con el manejo integrado de insectos plaga y enfermedades se logra obtener un control eficiente, por lo tanto, puede implementarse gradualmente dentro del modelo de segunda cosecha, como estrategia para reducir los riesgos ambientales y de salud que conlleva el uso excesivo de plaguicidas.
- Con los resultados de esta investigación, se define que el paquete tecnológico de segunda cosecha, se considera una alternativa eficiente para mejorar la rentabilidad, competitividad y sostenibilidad del cultivo de piña MD-2 en zonas de ladera de Dagua, Valle del Cauca.

6.Recomendaciones

- Se recomienda evaluar y ajustar el paquete tecnológico de segunda cosecha en diferentes regiones piñeras del país, con el fin de expandir su implementación y así obtener una mayor rentabilidad con este sistema productivo.
- Es necesario hacer ensayos sobre la eficiencia del riego por goteo en épocas de sequía para evaluar de manera precisa su efecto, pues, hay tendencia que la falta de agua en etapas críticas del cultivo, afecta negativamente el rendimiento y calidad de la fruta.
- Se recomienda hacer nuevos ensayos sobre el manejo integrado de enfermedades en piña MD-2 en condiciones de suelo homogéneas.

Bibliografía

- Agronet. (Septiembre de 2021). *Segundas cosechas de piña Gold serían de alta calidad y rentabilidad*. Obtenido de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Segundas-cosechas-de-pi%C3%B1a-Gold-ser%C3%ADan-de-alta-calidad-y-rentabilidad.aspx>
- Aleman Lopez, C., & Saenz Cabarcas, A. E. (2004). *Manual de exportación de frutas (Piña) para el mercado Europeo (España)*. Obtenido de <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/3195/0026403.pdf?sequence=1>
- Altendorf, S. (2017). *Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf
- Arias Velázquez, C. J., & Toledo Hevia, J. (2000). *Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales*. Recuperado el 02 de 12 de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- Asocadevida. (2020). Asociación de piñeros de Dagua Valle del Cauca. (J. Canacuan, Entrevistador)
- Bartholomew, D. P., Paull, R. E., & Rohrbach, K. G. (2003). *The pineapple: botany, production and uses*. Obtenido de [http://www.agrifs.ir/sites/default/files/The%20Pineapple%2C%20Botany%2C%20Production%20and%20Uses%20%7BDuane%20P%20Bartholomew%7D%20%5B9780851995038%5D%20\(CABI%20-%202002\).pdf](http://www.agrifs.ir/sites/default/files/The%20Pineapple%2C%20Botany%2C%20Production%20and%20Uses%20%7BDuane%20P%20Bartholomew%7D%20%5B9780851995038%5D%20(CABI%20-%202002).pdf)
- Becquer, R., Izquierdo, R. E., López, D., Pino, Y., & Rodríguez, R. (2016). *Producción de frutos de piña (Ananas comosus (L.) Merr.) MD-2 a partir de vitroplantas*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362016000500006&script=sci_arttext&tlng=pt
- Bernal Riobo, J. H. (s.f). *Manejo integrado de las malezas en el cultivo de piña*. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/32560/39582_23509.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bonét, C., Brown, O., Guerrero, P., Gonzalez, F., & Hernández, G. (2014). Obtenido de Efecto del agua sobre el rendimiento en el cultivo de la piña: <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262042002.pdf>

- Branes Gamboa, S. (2005). *Caracterización vegetativa y productiva del cultivar MD-2 de piña (Ananas comosus) bajo las condiciones climáticas de Turrialba*. Recuperado el 23 de 10 de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/666/66658949002.pdf>
- Cámara de Comercio de Cali. (2018). *Enfoque competitivo*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de Informe # 105: <https://www.ccc.org.co/inc/uploads/2018/10/Enfoque-Competitivo-N105.pdf>
- Castañeda Murcia, R. C. (1997). *Origen e importancia del cultivo de la piña (Ananas comosus (L.) Merril)*. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/32555>
- Cerdas Araya, M., & Montero Calderon , M. (2005). *Guías técnicas del manejo poscosecha para el mercado fresco. Piña (Ananas comosus)*. Recuperado el 14 de 09 de 2023, de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/J11-8874.pdf>
- Cerrato, I. (2013). *Estudio de mercado para la comercialización de piña MD2*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <https://issuu.com/alexcaja5/docs/estudio-de-mercado-para-la-comercia>
- Cerrato, I. (2013). *Panorama mundial de la piña*. Obtenido de <http://191.103.79.102/xmlui/bitstream/handle/123456789/223/PANORAMA%20MUNDIAL%20DE%20LA%20PI%C3%91A.pdf?sequence=1>
- Coulter, J. W. (28 de Octubre de 1983). *La piña*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9n8OAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=duracion+del+cultivo+de+pi%C3%B1a+de+la+siembra+hasta+la+cosecha+&ots=GBh6oWuBgB&sig=CImE72i9ZF4wEoXOgz2E-ho9ILM#v=onepage&q=duracion%20del%20cultivo%20de%20pi%C3%B1a%20de%20la%20sie>
- Cristancho A, V. J., Buitrago M, A. A., & Corredor P, L. R. (1991). *Cultivo de Piña*. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5505/cultivo_de_pi;jsessionid=DF3D7701A2C398CBD9A5D3EDE770DE3D?sequence=1
- DANE. (2016). *Principales características del cultivo de la Piña (Ananas comosus L.)*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_dic_2016.pdf
- De La Cruz Medina , J., & García , H. S. (2005). *PINEAPPLE Post-harvest Operations*. Recuperado el 23 de 10 de 2019, de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_Pineapple.pdf

- Escalante, J. A. (2012). *Manual para la producción de una piña de calidad*. Recuperado el 23 de 10 de 2019, de <https://docplayer.es/81534834-Manual-para-la-produccion-de-una-pina-de-calidad-ing-msc-jose-antonio-sanchez-escalante.html>
- FAO. (2005). *Técnica de inducción floral en el cultivo de la piña (Ananas comosus)*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/CA3256ES/ca3256es.pdf>
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- FAOSTAT. (2021). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- García Muñoz, A. G., & Rodríguez Murillo, M. (2011). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la producción de piña en Costa Rica*. Recuperado el 24 de 10 de 2019, de <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-banacol/Manual%20BPA%20Banacol.pdf>
- García Reyes, A., & Salazar Castro, R. (1999). *Control de enfermedades y plagas en la piña*. Recuperado el 07 de 11 de 2019, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17699/42275_46032.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Garth, S., Bartholomew, D. P., & Robert, E. P. (2018). *The Pineapple Botany Production and Uses* (Segunda ed.). Brisbane and Honolulu: CABI. Recuperado el 10 de 05 de 2021
- González, X. (2019). *Agronegocios (La producción de piña en Colombia llegaría a 1.18 millones de toneladas al finalizar el año)*. Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-pina-en-colombia-llegaria-a-1-18-millones-de-toneladas-al-finalizar-el-ano-2895397#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1nto%20puede%20costar%20establecer%20un,por%20hect%C3%A1rea%20para%20segundas%20cosechas>.
- González Cerón, S. P. (2021). *Agrosavia - Contexto de Cadena de Piña*. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36953/Ver_documento_36953.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guido M, M. (1983). *La piña - Guía técnica para el cultivo de la piña*. (M. d. Agraria, & IICA, Edits.) Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/15202/CDNI21031133e.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Hincapié Mejía, J. P., & Mina Viveros, M. H. (2017). *Modelos presupuestales de costeo aplicados en la producción de una hectárea de piña oro miel (MD2)*. Recuperado

- el 14 de 12 de 2019, de
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/libreempresa/article/view/3157/2568>
- Hossain, F. (08 de Diciembre de 2016). *Revista Africana de alimentación, agricultura, nutrición y desarrollo*. Obtenido de Producción mundial de piña: una visión general : <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/149223>
- IICA. (1983). *La piña*. (I. I. (IICA), Ed.) Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/15202/CDNI21031133e.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (1976). *Piña*. (M. R. Torres, C. R. Salazar, & M. M. Roa, Edits.) Recuperado el 10 de 05 de 2021, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19087/64533_3467.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. (2007). *Producción de piña (Ananas comosus L. Mer.) en Colombia*. (L. A. Quintero Velásquez, Ed.) Recuperado el 10 de 05 de 2021, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13129/59704_57650.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiménez, E. (Abril de 2009). *Métodos de control de plagas - Universidad Nacional Agraria*. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf>
- Leal , F., & Coppens D´Eeckenbrugge, G. (1996). *Pineapple*. Obtenido de <https://www.academia.edu/8718822/Pineapple>
- Leal, F., & Coppens D´Eeckenbrugge, G. (2018). History, Distribution and World Production. En G. Sanewski, D. P. Bartholomew, & R. E. Paull, *The Pineapple* (pág. 1). Boston : Cabi.
- León, J. (1968). *Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales*. Lima, Perú: IICA. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7769>
- Lobo , M. G., & Paull, R. E. (2017). *Andbook of Pineapple Technology Production, Postharvest Science, Processing and Nutrition*. USA: Wiley Blackwell.
- Manual tecnico, b. p. (1999). *Manual técnico. Buenas prácticas de cultivo en piña*. Recuperado el 01 de 11 de 2019, de <https://martinurbinac.files.wordpress.com/2012/04/manualpina.pdf>
- Martínez, D. H., Gonzáles, S. P., Ruíz, D. M., & Uribe, C. P. (2020). *Perspectivas tecnológicas y comerciales para el cultivo de piña en Colombia*. Obtenido de <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/96/81/808-1?inline=1?inline=1>

- Mesa, N. C., Gómez, E. D., Huertas, C., Mena, Y., Hernández, C. A., Henao, E., & Cobo, M. (2014). *Programa de Manejo Fitosanitario en Piña en el Departamento del Valle del Cauca*. Cali: Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias .
- Minagricultura. (2019). *Cadena de la piña*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pasifloras/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales%20PI%C3%91A.pdf>
- Minagricultura. (2020). *Agronet*. Obtenido de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Mite, F., Medina, L., & Espinosa, J. (1970). *Efecto de la corrección del pH en el rendimiento de piña en suelos volcánicos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/320981814_Efecto_de_la_correccion_de_l_pH_en_el_rendimiento_de_pina_en_suelos_volcanicos
- Muñoz, M. (2018). *Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña*. Obtenido de https://cica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/11/Manual-de-plagas-Pi%C3%B1a-CICA-08-10-20191_compressed.pdf
- Neira García, A., Martínez Reina, A. M., & Orduz Rodríguez, J. O. (2016). *Análisis del mercado de piña Gold y Perolera en dos principales centrales mayoristas de Colombia*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n2/v17n2a02.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2020). *Las principales frutas tropicales Análisis del mercado 2018*. Roma. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <http://www.fao.org/3/ca5692es/CA5692ES.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2023). *Principales frutas tropicales. Análisis del mercado. Resultados preliminares 2022*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/cc3939es/cc3939es.pdf>
- Paull, R. E., & Duarte, O. (2011). *Tropical Fruits 2ND Edition* (Vol. 1). Lima, PERU: CABI.
- Pineda, C. (2023). *Desafíos y oportunidades en la producción de piña en Colombia*. Obtenido de <https://www.legiscomex.com/produccion-pina-colombia>
- Quevedo, M., Vizcarra, G. A., & Pastor, J. A. (2011). *Guía para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para el cultivo de Piña*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1097440/Gu%C3%ADa-BPA%20Pi%C3%B1a.pdf.pdf>
- Ramírez, L., Hurtado, J. J., & Jager, M. (2022). *Brechas tecnológicas de la cadena productiva de la piña en el Valle del Cauca y descripción del estado de arte*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Rebolledo Martínez, A., Uriza Ávila, D. E., & Rebolledo Martínez, L. (1998). *Tecnología para la Producción de piña en México*. Veracruz, México : INEFAP-CIRGOC.
- Retana, J. P. (2015). *Manual Agronómico Cultivo de la Piña*. Obtenido de <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-Agron%C3%B3mico-Cultivo-de-la-Pi%C3%B1a.pdf>
- Ríos Rojas, L. (2020). *Colombia es un país rico en variedades de piña*. Red agrícola . Obtenido de <https://www.redagricola.com/co/colombia-es-un-pais-rico-en-variedades-locales-de-pina/>
- Rodríguez, A., Farrés, E., Placeres, J., Peña, O., Fornaris, L., & Mullen, L. (2009). *Manejo del cultivo de la piña (Ananas comosus (L.) Merr.) cv. Española Roja, en Cuba*. Recuperado el 25 de 10 de 2019, de <https://docplayer.es/3052878-Manejo-del-cultivo-de-la-pina-ananas-comosus-l-merr-cv-espanola-roja-en-cuba.html>
- Saavedra, R., Vásquez, H. D., Canacuan, J. A., & Quintero, M. A. (2022). *Plan de fertilización para la piña MD2 (Ananas comosus (L.) Merr.) en la zona de ladera del Valle del Cauca*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez Hernández, M. Á., Ahuja Mendoza, S., & Acevedo Gómez, R. (2015). Producción de Piña Cayena Lisa y MD2 (Ananas comosus L.) en condiciones de Loma Bonita, Oaxaca. 108. Recuperado el 24 de 07 de 2021, de https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias-BIO-T_I/Handbook_Biologia_y_Agronomia_T1_V1_109_119.pdf
- Sandoval, I. A., & Torres, E. E. (2011). *Guía Técnica del Cultivo de la Piña*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/lascarro1/guia-tecnica-pina>
- Sandoz, M. A. (2013). *Desarrollo de las piñeras en Costa Rica y sus impactos sobre ecosistemas naturales y agro-urbanos*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenos/article/view/611>
- Sanewski, G. M., Bartholomew, D. P., & Paull, R. E. (2018). *The Pineapple Botany, Production and Uses*. Boston : Cabi. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mCKADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=the+pineapple+botany,+production+and+uses&ots=xrzj5VTS8Y&sig=TRaVlh_yFT4ra3wA-2k9iC2z8vY#v=onepage&q=the%20pineapple%20botany%2C%20production%20and%20uses&f=false
- Serna Vásquez, J. (1998). *El cultivo de la piña. Manual técnico*. Bogotá DC: PRODUMEDIOS.
- Serrato, J. I. (2016). *Establecimiento y manejo de un cultivo de piña en la sede de la asociación de ingenieros agrónomos del llano en Villavicencio*. Recuperado el 21 de 10 de 2019, de

<https://repositorio.unillanos.edu.co/jspui/bitstream/001/341/1/Establecimiento%20y%20manejo%20de%20un%20cultivo%20de%20pi%C3%B1a.pdf>

- Toral , M. A., Uriza Ávila , D., & Lopez , J. (2013). *Acolchado plástico y malla-sombra: Innovaciones tecnológicas en la producción de piña MD-2 (Ananas comosus var. comosus) para el mercado de exportación* . Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/341494667_Acolchado_plastico_y_malla-sombra_innovaciones_tecnologicas_en_la_produccion_de_pina_MD-2_Ananas_comosus_var_comosus_para_el_mercado_de_exportacion
- Trujillo, J. C., Escobar, J. L., & Iglesias, W. J. (2012). Medición de las actitudes hacia el riesgo en los pequeños productores de piña de Santander, Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 9(69), 239-255. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11726371009>
- Ubi, W., Igwe, H., Ekpe, H., & Otu, I. (2005). *Preliminary trial of fertilizer types on pineapple (Ananas Cosmosus grown in coastal acid sands of Cross River State, Nigeria*. Recuperado el 22 de 10 de 2019, de <https://www.ajol.info/index.php/gjpas/article/view/16534/3457>
- Uriza Ávila , D. E., Torres Ávila , A., Aguilar Ávila , J., Santoyo Cortés , V. H., Zetina Lezama , R., & Rebolledo Martínez , A. (2018). *La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación* . México: Universidad Autónoma de Chaapingo .
- Uriza Ávila, D. E. (2011). *Paquete Tecnológico Piña MD2 (Ananas comosus var. comosus) Establecimiento y mantenimiento*. Obtenido de https://www.academia.edu/29406529/Paquete_Tecnol%C3%B3gico_Pi%C3%B1a_MD2_Ananas_comosus_var_comosus_Establecimiento_y_mantenimiento
- Urrea , L., Ospina , Y., & Bastidas , H. (2017). *Dos métodos de fertilización en el cultivo de piña (Ananas sativus) híbrido*. Obtenido de <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/download/707/761>
- Vargas , V. (2009). *Manejo Técnico del Cultivo de Piña*. Obtenido de <http://200.123.25.5/handle/20.500.12955/180>
- Vásquez Amariles, H. D., Ospina, R. S., Guerrero, D. J., & Quintero, M. A. (2022). *Sistema productivo de la piña MD2 en las zonas de ladera en el Valle del Cauca*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vásquez, H. D., Saavedra , R., & Saavedra , S. H. (2012). Manual para el Cultivo de frutales en el trópico. (C. G. Fischer, Ed.) Bogotá: Produmedios