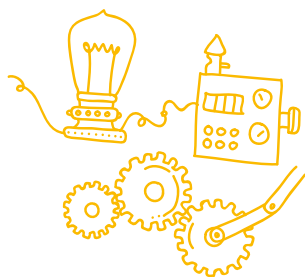


Opciones tecnológicas para mejorar las prácticas agronómicas en el cultivo de **piña MD2** en zona de ladera, Colombia

Parcela demostrativa de piña MD2 establecida en zona de ladera



Herney Darío Vásquez Amariles
Raúl Saavedra Ospina
Deisy Johanna Guerrero Cobos
María Alejandra Quintero Jiménez
Jhon Alexander Canacuan Colima



Financian



Apoyan

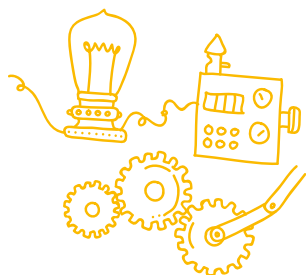


Organiza



Opciones tecnológicas para mejorar las prácticas agronómicas en el cultivo de **piña MD2** en zona de ladera, Colombia

Parcela demostrativa de piña MD2 establecida en zona de ladera



Herney Darío Vásquez Amariles
Raúl Saavedra Ospina
Deisy Johanna Guerrero Cobos
María Alejandra Quintero Jiménez
Jhon Alexander Canacuan Colima

Opciones tecnológicas para mejorar las prácticas agronómicas en el cultivo de piña MD2 en zona de ladera, Colombia

Parcela demostrativa de piña MD2 establecida en zona de ladera

Financian



Apoyan



Organiza



Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Vásquez Amariles, Herney Darío

Opciones tecnológicas para mejorar las prácticas agronómicas en el cultivo de piña MD2 en zona de ladera, Colombia: parcela demostrativa de piña / Herney Darío Vásquez Amariles [y otros cuatro]. — Primera edición. — Bogotá : Universidad Nacional de Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia, 2022.

94 páginas : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, figuras, fotografías

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-794-812-7 (impreso). — ISBN 978-958-794-813-4 (e-book)

1. Piña — Variedades — Valle del Cauca – Colombia — Proyectos 2. Ananás comosus 3. Parcelas de tierra 4. Cosecha 5. Agroindustria 6. Investigación agrícola para el desarrollo 7. Agricultura de montaña 8. Fruticultura I. Saavedra Ospina, Raúl II. Guerrero Cobos, Deisy Johanna III. Quintero Jiménez, María Alejandra IV. Título CDD-23 634.7745 / 2022

© Universidad Nacional de Colombia

© Proyecto incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente

Primera edición, agosto del 2022

ISBN impreso: 978-958-794-812-7

ISBN digital: 978-958-794-813-4

Preparación editorial

Editorial Universidad Nacional de Colombia

Av. El Dorado # 44A-40

Hemeroteca Nacional Universitaria

Bogotá D. C., Colombia

(+57 1) 316 5000 Ext. 20040

direditorial@unal.edu.co

Coordinación editorial

Angélica María Olaya Murillo

Corrección de estilo

Juliana Monroy Ortiz

Diseño de la colección

Andrea Kratzer

Diseño de cubierta y maquetación

Juan Carlos Villamil

Colaboradores:

Juan Carlos Ortiz Ríos

Leslie Estefany Mosquera Escobar

David Arango Londoño

Harold Mesa Meneses

Nazario Belalcázar Saa

Ana Milena Caicedo

Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente. Código BPIN 2014000100010, financiado por el Sistema General de Regalías (sgr) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Cra 32 # 12-00 vía Candelaria Teléfono: (+602) 286 88 88 Punto focal: Profesor Herney Darío Vásquez Amariles Correo electrónico: ladera_pal@unal.edu.co Página web: <https://ladera.palmira.unal.edu.co/>

Este documento hace parte de una serie de volúmenes estratégicos desarrollados en el marco de proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente”, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

Fotografías de cubierta Pedro José Arango Dussan

Viñeta de cubierta diseñada por ikatod / rawpixel / Freepik, tomada de: www.freepik.es

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Bogotá, D. C., Colombia



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual

CC BY-NC-SA

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación (FCTel) del Sistema General de Regalías (SGR) por la financiación del proyecto “Incremento de la competitividad sostenible de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente”. Entidad ejecutora en la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

A la comunidad rural y asociaciones del municipio de Dagua perteneciente a la cadena productiva de piña, al productor Harold Mesa por permitir el desarrollo de la parcela demostrativa en su núcleo de producción.

Como parte de una acción de reconocimiento de quienes han asumido la labor de construir un mejor territorio por intermedio de la cadena agrícola enunciada, en esta investigación se ha otorgado especial relevancia a las contribuciones brindadas por sus actores, entre ellos, productores de piña, representantes de organizaciones sociales de base, proveedores de insumos y empresarios de industrias procesadoras y comercializadoras, además de académicos, investigadores y demás profesionales vinculados a las entidades públicas y privadas que promueven y apoyan el desarrollo regional de esta línea productiva.

De forma especial, expresamos nuestra gratitud con la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, por habernos permitido liderar este proceso. Agradecemos también a la Gobernación del Valle del Cauca y al Sistema General de Regalías por financiar del proyecto. Así mismo, agradecemos a los integrantes del Comité Departamental de la Piña y a los profesionales de la Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca del Valle del Cauca, de la Universidad del Valle, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), de la Asociación Hortofrutícola de Colombia (Asohofrucol), del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y del Parque Biopacífico, por su constante compromiso y por la contribución con sus saberes, conocimientos y experiencias.

Por último, extendemos un especial agradecimiento a:

Alberto Díaz, Alejandro Fernández, Alfredo Ayala y Claudia Ochoa (Univalle)
Álvaro Muñoz (Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca del Valle del Cauca)
Anny Armitage, Jairo Gómez y Gustavo Vélez (DML Produce)
Edwin Giraldo y Leyre Vera (Parque Biopacífico)
Erika Mosquera, Natalia Gutiérrez y Mark Lundy (CIAT)
Héctor Fabián Orozco (Agrosavia)
Herney Darío Vásquez, Florencia Satizabal y Raúl Saavedra y (Unal)
Jorge Medina (Asohofrucol)
Luis Miguel Cabal (C. I. Elixir)
Marlon Sánchez (Pidelpa)

CONTENIDO

Agradecimientos	7
1. Introducción.....	11
2. Objetivo general.....	12
3. Generalidades del cultivo de piña MD2	12
3.1 Origen	12
3.2 Generalidades de la planta	13
3.3 Principales zonas productoras de piña en el mundo y en Colombia	14
3.4 Condiciones biofísicas.....	15
3.5 Condiciones técnicas de producción	16
3.5.1 Preparación del terreno y sistemas de plantación.....	16
3.5.2 Tipos de suelo.....	17
3.5.3 Requerimientos hídricos y calidad del agua	17
4. Marco Teórico General	18
4.1 Principales plagas.....	18
4.1.1 Cochinilla harinosa (Dysmicoccus brevipes Cockerell) (Hem: Pseudococcidae)	18
4.1.2 Sinfílidos (Hanseniella spp., Scutigera spp., Symphyla: Scutigera)	18
4.1.3 Tecla (Strymon basilides Geyer) (Lep.: Lycaenidae).....	18
4.1.4 Nematodos (Meloidogyne, Rotylenchulus, Helicotylenchus, Pratylenchus y Criconemoides)	19
4.2 Principales microorganismos causantes de enfermedades	19
4.2.1 Pudrición del cogollo y raíz (Phytophthora sp.)	19
4.2.2 Fusariosis (Fusarium sp.)	19
4.2.3 Pudrición bacteriana del cogollo (Dickeya spp.).....	19
5. Identificación de agricultores interesados en desarrollar parcelas demostrativas de piña MD2 en zonas aptas para el establecimiento del cultivo.....	20
5.1 Introducción	20
5.2 Objetivos específicos.....	20
5.3 Materiales y métodos.....	20
5.3.1 Identificación de actores de la cadena productiva de piña.....	20
5.3.2 Reconocimiento y caracterización de actores.....	21
5.3.3 Selección de productores y asociaciones beneficiarias para el establecimiento de la parcela demostrativa piña MD2	21
5.4 Resultados	21

5.4.1	Identificación de actores de la cadena productiva de piña	21
5.4.2	Fichas de reconocimiento y caracterización	23
5.4.3	Selección de productores y asociaciones beneficiarias para establecimiento de la parcela demostrativa piña MD2	23
5.4.4	Localización de la parcela demostrativa	24
5.5	Conclusiones	26
6.	Desarrollo de la parcela demostrativa y acompañamiento técnico	26
6.1	Introducción	26
6.2	Objetivos específicos	27
6.3	Evaluación de la parcela demostrativa de piña MD2: primera cosecha	27
6.3.1	Materiales y métodos	27
6.3.2	Resultados	45
6.4	Evaluación de la parcela demostrativa de piña MD2: segunda cosecha	55
6.4.1	Materiales y métodos	56
6.4.2	Resultados	68
6.5	Conclusiones	78
7.	Costos de producción en la parcela demostrativa piña MD2	79
7.1	Objetivos específicos	79
7.2	Materiales y métodos	79
7.2.1	Costos de producción	79
7.2.2	Análisis costo-beneficio	80
7.3	Resultados y discusión	80
7.3.1	Costos primera cosecha	80
7.3.2	Rendimientos primera cosecha	83
7.3.3	Costos segunda cosecha	83
7.3.4	Rendimiento segunda cosecha	86
7.3.5	Costos: primera vs. segunda cosecha	86
7.3.6	Rendimiento: primera cosecha vs. segunda cosecha	87
7.3.7	Análisis costo-beneficio	88
7.4	Conclusiones	89
8.	Referencias	90

1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década, Colombia ha implementado acciones dirigidas al mejoramiento de la competitividad del sector agrícola y, en particular, de cadenas productivas prioritarias, como el cultivar de piña MD2, por su alto potencial de consumo y comercialización a nivel nacional e internacional. Esto, con el objetivo de asumir los constantes cambios sociales, tecnológicos y del mercado, así como sortear limitaciones en el sistema de producción relacionadas con factores ambientales, edáficos, económicos, de manejo, entre otros, que finalmente generan baja rentabilidad del cultivo, insostenibilidad en el sistema y menor competitividad en mercados nacionales e internacionales.

Con el desarrollo del proyecto de regalías “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente” se pretendió “generar opciones tecnológicas en la etapa de producción que respondieran a las mejores prácticas internacionales para los cultivos seleccionados, reducir las brechas tecnológicas y favorecer la participación en los mercados nacionales e internacionales con elevados estándares de calidad y sostenibilidad”. Todo lo anterior enfocado en actividades que permitieran generar e intercambiar conocimientos entre productores y productoras de piña a partir del aprendizaje participativo y colaborativo.

En la primera fase se realizó un estudio de mercado a nivel regional, nacional e internacional, el cual permitió determinar las especies frutícolas con mayor potencial productivo. Se seleccionaron 6 especies de frutales para la zona de ladera del Valle del Cauca de acuerdo con área representativa, potencial productivo y posibilidad de comercialización en mercados nacionales e internacionales. Dentro de estas, se priorizaron 3: mora, aguacate y piña MD2; este último considerado como un cultivo altamente promisorio para el país.

Posteriormente, se identificaron organizaciones y productores de piña MD2 en zona de ladera con interés en desarrollar parcelas demostrativas para implementar tecnologías de innovación como sistema de fertirriego, instalación de estación meteorológica y tensiómetros para el monitoreo de información edafoclimática, así como análisis de suelo y foliares para el mejoramiento de la práctica de fertilización del cultivo, lo que repercute positivamente en la producción y calidad del cultivo. Esto, con énfasis en la sostenibilidad del agroecosistema y el incremento de la competitividad del producto en los mercados locales y externos, así como en el mejoramiento de los ingresos del productor.

En el documento se registra toda la información relacionada con el desarrollo de cada una de las etapas en el establecimiento de la parcela demostrativa, a saber, identificación de los productores interesados y del establecimiento, desarrollo, adopción y acompañamiento de las tecnologías de innovación implementadas en la parcela demostrativa de piña MD2, así como el monitoreo de los datos edafoclimáticos y del cultivo. Los resultados obtenidos en el ejercicio constituyen un importante insumo para pequeños y medianos productores de piña MD2 en Colombia, por su contribución a la reducción de brechas tecnológicas, lo que permitirá incrementar la rentabilidad del cultivo y favorecer su participación en mercados nacionales e internacionales.

2. OBJETIVO GENERAL

Generar opciones tecnológicas en la etapa de producción que respondan a las mejores prácticas internacionales para los cultivos seleccionados, reducir las brechas tecnológicas y favorecer la participación en los mercados nacionales e internacionales.

3. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE PIÑA MD2

3.1 Origen

La piña (*Ananas comosus* L.) pertenece a la familia Bromeliácea, es de tipo herbáceo y perenne, es una de las frutas tropicales más populares del mundo y tiene como origen América del Sur. La domesticación de esta planta ocurrió antes de la llegada de los europeos, aunque se desconoce con certeza el área exacta de procedencia, se cree que se dio en la zona entre Brasil y Uruguay, desde donde se propagó entre los pueblos originarios del continente americano, en primera instancia entre las tribus tupi-guaraní, y luego entre otras del continente. Con la llegada de los europeos se dio su traslado hacia Europa, Asia y África (Coppens d'Eeckenbrugge, Duval y Leal, 2018).

Su nombre científico deriva de palabras usadas por los pueblos nativos de las cuencas del Orinoco y Amazonas, pues 'nana' o 'anana' es como se denominaba a la piña en los idiomas de las 3 principales familias amazónicas: arawak, carib y tupi. Las piñas silvestres a menudo se llaman 'nanai' o 'ananai'. En guaraní, 'nana' es la planta y 'anana' la fruta. El nombre brasileño 'abacaxi', que originalmente designaba cultivares particulares, se deriva de la palabra guaraní para la mazorca del maíz. La palabra 'piña' y la inglesa 'pineapple' provienen de comparar su apariencia con el fruto de una conífera. Los portugueses, en cambio, difundieron la palabra 'ananas', junto con la planta, a lo largo de las costas tropicales desde África occidental hasta el océano Índico, por lo que la raíz de la palabra 'nana' adquirió una distribución pantropical. Ananá/naná significa con gran olor o perfume (palabra de origen tupi, arawak y carib). Por otro lado, 'comosus' es un epíteto en latín que se refiere a la 'peluda' corona del fruto y/o a la 'hojosa' o 'frondosa' planta (Leal y Coppens d'Eeckenbrugge, 1996 y 2018; Alvarado, 1939; Bertoni, 1919; Dalgado, 1919 y 1913).

Con respecto al origen del híbrido MD2, este fue desarrollado y seleccionado en la década de 1970 por el Instituto de Investigación de la Piña (PRI, por sus siglas en inglés), mediante el cruce de variedades como *Smooth Cayenne*, *Smooth Guatemalan*, *Ruby*, *Queen* y *Pérola*. Esta variedad fue comercializada a gran escala por Del Monte solo hasta 1996, bajo el nombre comercial 'Del Monte Gold' (Bartholomew, Coppens d'Eeckenbrugge y Chen, 2010). Este híbrido revolucionó el mercado de la fruta fresca, pues fue muy bien aceptada por los consumidores norteamericanos y europeos, convirtiéndose en el estándar de este mercado. La variedad MD2 representa más del 80 % de las piñas frescas comercializadas



en todo el mundo (Sanewski, Coppens d'Eeckenbrugge y Junghans, 2018; Bartholomew, 2009; Vagneron, Faure y Loeillet, 2009; Williams y Fleisch, 1993).

Lamentablemente, el éxito de la MD2, al convertirse en el principal cultivar de fruta fresca en gran parte del mercado, desestimuló la diversificación del fruto. Ninguno de los híbridos creados posteriormente en programas de mejoramiento (Brasil, Malasia, Martinica, Costa de Marfil) han sido probados para desafiar su hegemonía. Por el contrario, MD2 incluso compitió con cultivares en los mercados regionales de los países tropicales, reduciendo sustancialmente la diversidad global de la piña (Leal y Coppens d'Eeckenbrugge, 2018).

3.2 Generalidades de la planta

La planta adulta de la piña MD2 mide entre 1 y 1,5 m de alto y entre 1 y 2 m de ancho, y tiene forma abarrilada. Las principales estructuras morfológicas por distinguir son el tallo, las hojas, el pedúnculo, el fruto, la corona, los brotes y las raíces. El tallo de la piña tiene forma de bate, con una longitud de 25 a 50 cm y un ancho de 2 a 5 cm en la base y de 5 a 8 cm en la parte superior. El número de hojas varía entre cultivares, pero generalmente se encuentra entre 40 y 80. Las hojas inferiores del material original de la plantación o producidas poco después de la plantación son más pequeñas (5-20 cm) en comparación con las más jóvenes, que pueden alcanzar más de 1,6 m de largo y 7 cm de ancho, según el cultivar y las condiciones ambientales (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal, 2018).

Las raíces adventicias de la planta se desprenden desde la parte inferior del tallo, formando un sistema radical corto y compacto, con numerosas raíces fuertes y ramificación limitada. En condiciones ideales, el sistema radical puede extenderse entre 1 y 2 m alrededor de la planta y profundizar hasta los 0,85 m. El número de raíces producidas después de la siembra se correlaciona positivamente con el peso de los brotes; las coronas producen más raíces que los brotes (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal, 2018).

La fruta producida por la variedad MD2 es cilíndrica, de tamaño mediano a grande (1,3-2,5 kg), de piel amarilla anaranjada, brillante y con un buen aroma. La pulpa es amarilla y dulce, compacta y ligeramente fibrosa. Tiene un contenido marginalmente alto en azúcar (15-17 %), muy alto en ácido ascórbico y más bajo en acidez que la variedad *Smooth Cayenne*. Las hojas tienen una punta espinosa y son de color verde, sin contenidos de antocianinas. MD2 tiene un nivel de productividad similar al de la variedad *Smooth Cayenne* y es muy resistente al pardeamiento interno, pero muy susceptible a la pudrición bacteriana del corazón, a *Dickeya chrysanthemi*, al hongo *Phytophthora cinnamomi* y a la floración natural (Sanewski, Coppens d'Eeckenbrugge y Junghans, 2018; Sanewski, Ko, De Faveri y Kilian, 2016).



3.3 Principales zonas productoras de piña en el mundo y en Colombia

La piña es una de las principales frutas cultivadas en las regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial, después del mango y seguida por la papaya y el aguacate, destinada tanto a consumo local como a exportación (Uriza, Rebolledo y Rebolledo, 2002; FAO, 2004). En el 2018, se produjeron mundialmente 100.200.000 t entre las principales frutas tropicales cultivadas: mango, piña, papaya y aguacate, en ese orden. En este volumen de producción, la piña representó el 28 %, cerca de 30.000.000 t. Por otro lado, de los 7.100.000 t de las principales frutas tropicales exportadas mundialmente en el 2018 (sin contar el banano), la piña representó el 43 % de ese volumen (seguida del aguacate, con el 30 %, el mango, 23 %, y la papaya, 4 %). En los principales mercados de exportación, el consumo per cápita de piña se situó en aproximadamente 4 kg en los Estados Unidos y en 2 kg en la Unión Europea en 2018 (FAO, 2018).

La gran popularidad de la piña en los mercados internacionales se basa en que es la más barata de las 4 frutas tropicales principales, con un precio promedio que ronda 1 USD/kg (1000 USD/t). En este mismo sentido, la popularidad de la variedad MD2 sobre otras está relacionada con (a) elevados niveles de °Bx, (b) menor acidez que variedades como la *Smooth Cayenne* y (c) un rendimiento más regular, por lo que se tienen suministros disponibles todo el año (Leal y Coppens d'Eeckenbrugge, 2018).

Costa Rica es el principal productor de piñas a nivel mundial. En 2018, representó alrededor del 11 % de la producción total, también es el mayor exportador de piña del mundo, suministrando el 71 % del volumen total, el cual tiene como destino prácticamente exclusivo los mercados de Estados Unidos y la Unión Europea, en proporciones similares. Otros productores de piña importantes son Tailandia y Filipinas, con 10 y 8 % de la producción mundial respectivamente, seguidos por China, Brasil, India e Indonesia. La producción de Brasil, China, India e Indonesia se destina principalmente al mercado interno de fruta fresca, debido a la elevada demanda interna y a la competitividad de precio al detal. Tailandia es el principal productor y exportador de piña transformada del mundo. Filipinas es el segundo mayor exportador, con una cuota mundial aproximada del 15 % del volumen (447.000 t en 2018). Los envíos de Filipinas se destinan principalmente a Asia oriental y gran parte de ellos se exporta en forma procesada. Los exportadores de África, el Caribe y el Pacífico realizan sus envíos principalmente a la Unión Europea. Estados Unidos es el mayor importador de piñas del mundo, 1.200.000 t aproximadamente, que corresponden al 40 % del volumen importado a nivel mundial (FAO, 2018).

Colombia, de acuerdo con cifras de Agronet (2020), en el año 2018 tenía 32.736 ha sembradas de piña (híbrido MD2, variedades Manzana, Perolera y Cayena lisa), de las cuales se cosecharon 25.093 ha, obteniendo una producción de 1.058.109 t, con un rendimiento de 42,2 t/ha. Los departamentos con mayor participación en el volumen de producción son Santander, Valle del Cauca, Meta, Cauca y Antioquia (con 43, 14, 12, 7 y 7 % de la participación, respectivamente). En cuanto a la exportación, en el 2018 se logró exportar 15.703 t.



Los departamentos con mayor participación son Valle del Cauca, Antioquía, Cundinamarca y Bogotá D. C. (con el 58, 26, 8 y 6 %, respectivamente). Los destinos más destacados de las exportaciones fueron Chile (20 %), Italia (20 %), Eslovenia (9 %), España (6 %) y Países Bajos (5 %). Con respecto a la importancia social del cultivo, se estima que el cultivo de piña genera 5 empleos directos y 5 empleos indirectos por hectárea (Agronet, 2020).

3.4 Condiciones biofísicas

A continuación, se presentan los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la piña por su origen tropical. Dependiendo de la variedad sembrada, presenta un buen desarrollo entre los 0 y los 1400 m s. n. m. (idealmente entre los 800 y 1200 m s. n. m.). Requiere suelos permeables con buena aireación, con textura franca y un pH entre 5 y 5,8. Las siembras se realizan preferiblemente en suelos planos y ondulados con pendientes por debajo del 25 %. De otro modo, el cultivo demanda una mayor inversión en la preparación y adecuación del terreno, requiriendo utilizar curvas de nivel corregidas para el manejo de cultivo. Los materiales de piña más cultivados en Colombia son MD2, Perolera, Cayena Lisa y Manzana. En las últimas décadas, el híbrido MD2 ha desplazado del mercado a las otras variedades en un 70 %. Las semillas que normalmente se emplean son colinos axilares, que corresponden a semilla vegetativa (González, 2019).

Igualmente, para obtener un cultivo con un adecuado desarrollo se requiere de un excelente programa de fertilización, ya que si se presentan deficiencias, se observan problemas en el peso, la forma y la calidad del fruto. En la piña se destacan como requerimientos nutricionales elementos como N (nitrógeno), P (fósforo) y K (potasio), que permiten un buen desarrollo de tallos y hojas. Cabe anotar que estos requerimientos se verán influenciados por las condiciones edafoclimáticas en las que se establezca el cultivo. Por lo tanto, se deben realizar análisis de suelo y foliar en el momento de establecer o ajustar el plan de fertilización (Betancourt *et al.*, 2005).

Otro de los factores importantes en el cultivo es el manejo de las plagas y enfermedades, el cual dependerá de variables como la densidad de siembra, condiciones ambientales, resistencia a determinadas plagas o enfermedades de cada variedad, entre otras. Entre los principales problemas fitosanitarios se destacan insectos-plaga como la cochinilla harinosa (*Dysmicoccus* sp.), sinfílicos (*Hanseniella* sp., *Scutigerella* sp., *Symphylella* sp.) y thecla (*Strymon basilide*). Ya entre las enfermedades se encuentran pudrición del corazón y raíz (*Phytophthora* sp.), fusariosis (*Fusarium* sp.) y nemátodos (*Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Criconemoides*). El protocolo que se realiza está dirigido hacia un manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), utilizando control biológico preventivo y aplicaciones de insecticidas de categoría toxicológica permitidos por el ICA para el cumplimiento de las medidas regulatorias de trazas de agroquímicos en los países de destino (Sipes y Pires de Matos, 2018).



3.5 Condiciones técnicas de producción

3.5.1 Preparación del terreno y sistemas de plantación

Las pendientes con porcentajes bajos, entre 0 y 15 %, minimizan las pérdidas de suelo y facilitan el acceso de la maquinaria, mientras que las tierras con pendientes más pronunciadas, entre 15 y 25 %, requieren mejores sistemas de siembra para conservar el recurso suelo. En áreas que se manejan exclusivamente con mano de obra, las piñas se pueden cultivar en campos fuertemente inclinados, pero, en ese caso, la mecanización es un requisito para la preparación, el mantenimiento o la cosecha de la fruta. Para tal propósito, existen limitaciones, según las características de los equipos, relacionadas especialmente con la capacidad de trabajo en áreas con pendientes pronunciadas. Pendientes de más del 40 % se han cultivado en pequeñas explotaciones con maquinaria liviana, aunque las pérdidas por erosión pueden ser muy elevadas (Vásquez *et al.*, 2018; Ciesiolka *et al.*, 1995; El-Swaify *et al.*, 1993).

La mayoría de las áreas de cultivo de piña se diseñan teniendo en cuenta el impacto de la lluvia sobre la erosión y el drenaje. En áreas que pueden experimentar lluvias intensas o tener tasas de infiltración bajas, o ambas, se deben construir canales de drenaje en intervalos que puedan tomar la escorrentía superficial y que permitan llevarla fuera del campo con una mínima pérdida de suelo. Los detalles de la construcción de los canales de drenaje varían con las características del suelo y la pendiente del terreno. El drenaje es fundamental para el desarrollo de la piña, ya que el sistema radical no tolera suelos mal aireados. Las áreas que deben evitarse son aquellas que acumulan agua estancada o que tienen barreras internas para el movimiento de la humedad del suelo, tales como pie de arado o capas compactas o impermeables de suelo (Vásquez *et al.*, 2018).

Una vez realizadas las operaciones básicas de labranza, se pueden formar lechos de siembra elevados, camas o camellones, particularmente si existen limitaciones del suelo o para aprovechar la ventaja económica. En algunas áreas, el crecimiento de la planta de piña se mejora al sembrar en camas, debido al aumento en el volumen de tierra vegetal disponible para el sistema radical, el mejoramiento de la aireación y del drenaje superior. Las camas pueden o no cubrirse con acolchado plástico. Las dimensiones de las camas dependerán de la densidad de siembra, el equipo disponible y la necesidad de operaciones manuales en el campo. Los centros de camas pueden variar según el equipo disponible, pero suelen ser de 1,22 a 1,52 m. A pesar de las ventajas de las camas, no se utilizan en los casos en los que el costo de preparación excede el beneficio económico. Algunos suelos de alta infiltración permiten que las plantas se cultiven sin camas, incluso en regiones de alta precipitación. Incorporando materia orgánica podría mejorarse la infiltración del suelo (Vásquez *et al.*, 2018).



3.5.2 Tipos de suelo

Las piñas se han cultivado en una amplia variedad de suelos, desde aquellos de turba orgánica en Malasia o de ceniza volcánica en Hawaii, otras islas del Caribe y partes de Filipinas, hasta suelos muy arenosos en Australia o Sudáfrica. Los suelos ideales para un buen desarrollo tienen un alto contenido de materia orgánica, con excelente drenaje interno y alta porosidad en el suelo para proporcionar cantidades óptimas de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces de las plantas. Los suelos deben tener un pH de neutro a ácido (preferiblemente ácido entre 4,4 y 5,5), aunque las piñas crecerán en suelos ligeramente alcalinos, si los niveles de calcio no son demasiado altos y la humedad del suelo es baja, lo que no favorece el crecimiento de *Phytophthora* o *Pythium* (Vásquez y Bartholomew, 2018).

3.5.3 Requerimientos hídricos y calidad del agua

La piña tiene una tasa de transpiración mucho más baja que la mayoría de cultivos y, por tanto, requiere una frecuencia de riego menor. Precisamente, es por esta razón que la piña está especialmente adaptada para crecer en áreas con escasas precipitaciones. Sin embargo, si el agua aplicada (lluvia + riego) es muy baja, el ciclo del cultivo se alargará o se reducirá el peso promedio de la fruta, o ambas. El requerimiento mínimo de agua estimado para el buen desarrollo de la planta es de aproximadamente 50 mm de agua por mes, pero en ambientes cálidos y secos se necesitan alrededor de 75 mm (o entre 587 y 596 mm por ciclo de cultivo). Durante los períodos de crecimiento máximo, para un desarrollo de la planta y productividad óptimos, se necesita del 30 al 70 % de la evapotranspiración establecida con base en la evaporación medida en el tanque evaporímetro clase A (Vásquez *et al.* 2018; Patra, Pramanik y Saha, 2015; Carr, 2012; Ojeda *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2012; Hanafi *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2002).

Implementar un sistema de riego localizado de alta frecuencia (RLAF o riego por goteo) es una forma eficiente de suministrar el requerimiento hídrico al cultivo (con eficiencia superior al 90 %), puesto que se suministra la humedad en la zona cercana al sistema radical a intervalos y en volúmenes que coinciden con las necesidades hídricas del cultivo. La eficiencia del RLAF aumenta aún más si las camas se cubren con un acolchado plástico, permitiendo, de esta manera, reducir las aplicaciones de riego. Adicionalmente, y con el fin de evitar la proliferación de enfermedades en el cultivo, se debe tener cuidado de no suplir el requerimiento hídrico del cultivo con agua de drenaje de campos infectados con enfermedades como *Phytophthora* sp. o *Dickeya* sp. (Vásquez *et al.*, 2018).

En general, se considera que la piña tiene una tolerancia media a la salinidad, aunque esto dependerá del tipo de suelo, puesto que la tolerancia disminuirá a medida que disminuya la permeabilidad del suelo. El agua con una conductividad de 1,28 dS/m puede reducir el rendimiento de la piña. Si bien la piña exhibe cierta tolerancia al sodio, es sensible al cloruro. El tamaño y la firmeza de la fruta disminuyen al aumentar la salinidad



de 0,25 a 0,75 %, igualmente ocurre con el aroma de la fruta. Además, debido al aumento de estrés salino (aumento de sodio) también se reducen concentraciones en el fruto de calcio y potasio (Vásquez *et al.*, 2018).

4. MARCO TEÓRICO GENERAL

4.1 Principales plagas

4.1.1 Cochinilla harinosa (*Dysmicoccus brevipes* Cockerell) (Hem: Pseudococcidae)

Se considera una de las principales plagas que afecta el cultivo durante todo el ciclo productivo, desde la semilla hasta el desarrollo de la planta. Es un insecto de color blanco pequeño que generalmente se encuentra en las hojas inferiores, raíces y fruto. Este hemíptero se alimenta de la savia de la planta, por lo que durante este proceso puede transmitir virus causantes de la enfermedad de marchitamiento de la piña (Mealybug Wilt Pineapple [mwp]). Entre los síntomas característicos de la planta contaminada se encuentran la coloración amarillo-rojiza en las hojas, secamiento de las puntas y enrollamiento de los bordes (Ríos-Rojas *et al.*, 2019; Sether y Hu, 1998 y 2002).

4.1.2 Sinfílicos (*Hanseniella* spp., *Scutigrella* spp., *Symphyla*: Scutigrellidae)

Son pequeños artrópodos blancos que miden entre 6 y 10 mm. Su hábitat es el suelo cerca de las raíces de las plantas. Condiciones de alta humedad, suelos con textura franca y altos contenidos de materia orgánica favorecen su proliferación. Se alimentan de las raíces jóvenes y de los pelos radicales, produciendo cortes en las puntas que después de cicatrizar desarrollan raíces conocidas como “escoba de bruja”, afectando la absorción de nutrientes y, por consiguiente, el normal desarrollo de la planta (Ríos-Rojas *et al.*, 2019; Waite, 1993; Py, Lacoecilhe y Teisson, 1987).

4.1.3 Tecla (*Strymon basilides* Geyer) (Lep.: Lycaenidae)

El adulto es una mariposa diurna que mide alrededor de 2 cm, de color gris azulado, con puntos naranjas y negros en el extremo inferior de las alas. El verdadero problema es la larva, de color salmón o rosado, la cual perfora y hace galerías dentro del fruto. En el exterior de los frutos afectados, se observa un exudado de color ámbar, conocido como “gomosis”. Las piñas afectadas se rechazan debido a la pérdida de calidad interna y de apariencia externa. Al salir, la larva deja en el fruto un orificio que puede servir de entrada a otros patógenos como hongos o bacterias (Monge *et al.*, 2018; Lacerda, Carvalha y Oliveira, 2007; Sanches, 1999).



4.1.4 Nemátodos (*Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Criconemoides*)

Estos endoparásitos penetran completamente en la raíz y se alimentan, maduran y depositan sus huevos dentro de estas. Entre los síntomas característicos de las plantas afectadas se encuentran: reducción del crecimiento de la planta, pérdida de turgencia en bordes y puntas de hojas, flacidez del pedúnculo y frutos pequeños. En las raíces afectadas, se observan secciones necrosadas, deformaciones, agallas y podredumbre (Ríos-Rojas *et al.*, 2019).

4.2 Principales microorganismos causantes de enfermedades

4.2.1 Pudrición del cogollo y raíz (*Phytophthora* sp.)

Esta enfermedad destruye los tejidos de la raíz, el tallo y el cogollo del meristemo apical de la planta. Entre los síntomas característicos de las plantas afectadas se encuentran: clorosis desde la base hasta la punta de las hojas, tornándolas de un color café oscuro; desprendimiento de las hojas del cogollo y olor putrefacto del material necrosado. La enfermedad puede causar pérdidas de entre el 80 y 90 %. Las condiciones que favorecen la incidencia de este microorganismo son las lluvias prolongadas, suelos con mal drenaje y con pH mayor a 6.0 (Ríos-Rojas *et al.*, 2019; Sanewski *et al.*, 2016).

4.2.2 Fusariosis (*Fusarium* sp.)

En el follaje, se presenta clorosis descendente de hojas basales, también puede afectar hojas apicales. Esta enfermedad es de avance lento, no en bandas marcadas, y la necrosis que se genera es lenta, por lo que no se aprecia fácilmente. Se presentan síntomas de deshidratación foliar, similar a déficit hídrico, y se produce enrollamiento y acartonamiento de las hojas. Si la infección se produce de forma temprana, puede ocasionar la muerte de la planta. En la fruta, se observa escaso desarrollo (pequeña), momificación y problemas internos cuando existe interacción con otros patógenos. No es recomendable seleccionar colinos afectados por esta enfermedad (Ríos-Rojas *et al.*, 2019; Kimati y Tokeshi, 1964).

4.2.3 Pudrición bacteriana del cogollo (*Dickeya* spp.)

Es una bacteria que produce una pudrición maloliente de color café claro que inicia en la base de las hojas basales o en el cogollo, manifestándose como una lesión acuosa. El tallo de las plantas afectadas comienza por perder dureza hasta podrirse completamente. En la fruta, se presenta una decoloración del tejido de la pulpa, debido a la fermentación, por lo que expulsa exudados y gases que se observan externamente como burbujas en la cáscara, que se torna de un color verde oliva. Se transmite muy fácil por el agua lluvia o de drenaje, por la humedad del suelo, el viento, el rocío, diferentes insectos o por medio



de utensilios y prendas del personal de campo. El jugo de fruta colapsada e infectada también constituye una fuente importante de inóculo. Se desarrolla con más frecuencia en cultivos con sistemas de drenaje deficientes o durante períodos de alta precipitación (Sipes y Pires de Matos, 2018; Marrero *et al.*, 2013).

Plantas con enfermedades fisiológicas presentaron deficiencias marcadas de Zn y B, que fueron identificadas tanto en campo como en los análisis foliares.

5. IDENTIFICACIÓN DE AGRICULTORES INTERESADOS EN DESARROLLAR PARCELAS DEMOSTRATIVAS DE PIÑA MD2 EN ZONAS APTAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

5.1 Introducción

En 2019, en el Valle del Cauca se cosecharon 2372 ha de piña que produjeron 146.840 t (rendimiento de 61,92 t/ha). Este fue el tercer departamento con mayor área cosechada, superado por Santander con 8725 ha y una producción de 369.877 t (rendimiento de 42,39 t/ha), y Meta con 2712 ha y una producción de 97.866 t (rendimiento de 36,09 t/ha) (Agronet, 2020). Esto confirma que el Valle del Cauca es uno de los principales productores de piña en Colombia, lo que le permite implementar programas de innovación tecnológica en el cultivo.

El equipo técnico del proyecto realizó el reconocimiento y priorización de la zona de interés, lo cual facilitó preseleccionar los actores a través de los criterios estipulados para este fin. Se identificaron los interesados en la implementación de una parcela demostrativa de piña MD2, lo cual permitió avanzar en el logro de los objetivos propuestos para la primera fase del proyecto.

5.2 Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar los productores de piña de las diferentes zonas de ladera del Valle del Cauca.
- Seleccionar los productores de piña interesados en la implementación de parcelas demostrativas de piña MD2.

5.3 Materiales y métodos

5.3.1 Identificación de actores de la cadena productiva de piña

A mediados de 2018 se definieron los actores clave de la cadena productiva de piña, como productores y organizaciones que estuvieran interesadas en la implementación de una



parcela demostrativa de piña MD2. Para ello, se consultó información de las bases de datos de agricultores que formaron parte del Plan Frutícola del Valle del Cauca en 2014. También se obtuvo información de los eventos de priorización de brechas tecnológicas desarrollados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2018).

5.3.2 Reconocimiento y caracterización de actores

Para avanzar en el reconocimiento de los actores en la zona de interés, se diligenciaron fichas de caracterización de productores beneficiarios del proyecto, las cuales incluyeron informaciones como datos personales y de contacto, ubicación de la finca (altura, coordenadas), información del predio, datos del cultivo (edad, distancia de siembra, número de plantas, disponibilidad de riego) y certificaciones, entre otras.

5.3.3 Selección de productores y asociaciones beneficiarias para el establecimiento de la parcela demostrativa piña MD2

La selección de la parcela demostrativa de piña MD2 se realizó con base en los siguientes criterios:

- Condiciones agroclimáticas óptimas de la zona de ladera, con el fin de que permitan la máxima expresión del potencial genético del híbrido MD2.
- Zonas de ladera representativas para el cultivo.
- Productores de frutales y hortalizas asociados o pertenecientes a distritos de riego, con parcelas agrícolas de subsistencia y visión empresarial.
- Productores de frutales y hortalizas abiertos al conocimiento y a la tecnificación de sus cultivos.
- Productores interesados en desarrollar parcelas demostrativas e implementar planes de innovación y desarrollo.

5.4 Resultados

5.4.1 Identificación de actores de la cadena productiva de piña

De acuerdo con las bases de datos consultadas: a) Plan Frutícola del Valle del Cauca de 2014 y b) eventos de priorización de brechas tecnológicas desarrollados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se identificaron 595 productores y 10 organizaciones sociales productoras de piña en el departamento. Sin embargo, se priorizaron los municipios productores de piña en zona de ladera en el Valle del Cauca, que corresponden a: Dagua, Restrepo, La Cumbre y Vijes (CIAT, 2018), pues cuentan con mayor área en producción y número de productores (ver figura 1). A partir de la información anterior, se identificaron 11 productores de piña en cuyos predios se podría implementar la parcela demostrativa (ver tabla 1).

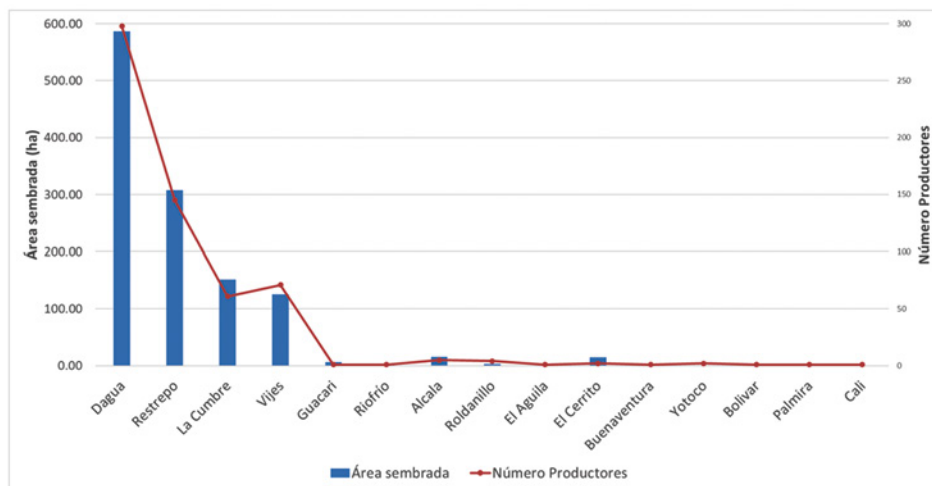


Figura 1. Productores y área sembrada (ha) de piña registrados en la base de datos del Plan frutícola del Valle del Cauca 2014

Fuente: adaptado por J. Ortiz (2021).

Tabla 1. Identificación de productores de la cadena de valor de piña en la zona de ladera del Valle del Cauca

N°	Nombre y apellido	Municipio	Organización	Celular	Correo electrónico	Asociados
1	Nazario Belalcazar	Dagua	Asocadevida	3225772144		23
2	Harold Mesa Menezes	Dagua	Distrito de riego Asovillahermosa	3216444896		48*
3	Adelmo Arroyo	La Cumbre	Acprogran	3206899005	adelmoacprogran@hotmail.com	76
4	Gonzalo Meneces	La Cumbre	Asoagrocomp	3113610991		17
5	Daniel Rivera	La Cumbre	Asociación La Cumbre	3156483886		
6	Helmo Garces		Agrovilla Hermosa	3122637946		
7	Guillermo Leon Obando		Asociación Agropecuaria Campesina	3166746428		
8	Jesús Evelio Ortega	Restrepo	Asofrugold	3216299622	asofrugold.restrepo@gmail.com	60
9	Jesús Evelio Ortega	Restrepo	Asofrugold	3173687717	lfortega53@yahoo.es	60
10	Alba Ruth Montoya	Vijes	Asofuturo	3178870558 3206402689		30
11	Sandra Isabel Marulanda	Dagua, Restrepo, La Cumbre	Coperfrut	3163229375	sandimago@hotmail.com	10

Fuente: M. Quintero (2019).



5.4.2 Fichas de reconocimiento y caracterización

Para la caracterización de los productores de piña en zona de ladera del municipio de Dagua, Valle del Cauca, se diligenciaron 13 fichas con agricultores destacados. Estas fichas permitieron preseleccionar los agricultores y predios que cumplieron con los requisitos para el establecimiento de la parcela demostrativa. Las fichas de identificación se encuentran disponibles en el archivo del proyecto.

5.4.3 Selección de productores y asociaciones beneficiarias para el establecimiento de la parcela demostrativa piña MD2

Se seleccionó el municipio de Dagua por ser el primer productor de piña en el departamento, por sus características, criterios técnicos y socioeconómicos, vocación agrícola y una comunidad que apoya actividades de investigación y desarrollo de la piña MD2 en la región. Esta localidad se caracteriza por su potencial agrícola, distribuido en diversos cultivos como hortalizas, algunos frutales, caña, pastos y cultivos de pan coger como yuca, frijol, plátano y zapallo, entre los que el de la piña es el predominante. Además, existen grandes áreas en rastrojo con pendientes mayores o iguales al 90 %.

En el municipio de Dagua se identificaron 2 asociaciones de productores: una denominada Asovilla Hermosa (Asociación de Usuarios del Distrito de Riego de pequeña escala de Villa Hermosa), representante legal Harold Mesa Meneses, con 87 socios, de los cuales 48 son productores de piña y beneficiarios directos del proyecto; y otra, Asocadevida (Asociación de Piñeros y Desplazados Sembradores de Vida), del corregimiento El Limonar, representante legal Nazario Benalcázar, con 42 socios.

Teniendo en cuenta esta información, se llevaron a cabo visitas a los predios que tenían una pendiente menor al 30 % y se constató que tuvieran registros del historial del lote, disponibilidad de agua para riego y vías de fácil acceso. La primera visita se realizó en el corregimiento de Villa Hermosa. Durante esta se recorrieron 3 fincas:

- Finca N.º1: “El Encanto” del padre de Harold Meza, con coordenadas latitud 3,62 y longitud -76,668, altura 1.220 m s. n. m., propiedad familiar con un lote con topografía ondulada, en el que se cultivan algunas plantas de caña panelera.
- Finca N.º 2: en esta finca se encuentra establecido un lote con 1000 plantas de piña, procedentes de semilla, con peso aproximado de 300 gramos, y otra área en rastrojo localizada en la parte más baja del predio. Se descartó porque no contaba con área carretable ni con una pendiente mayor que 30 %.
- Finca N.º 3: se identificó un lote en rastrojo que cumplía con los criterios de selección (ver figura 2B).

Las tres fincas contaban con disponibilidad de agua suministrada por el distrito de riego de Villa Hermosa.

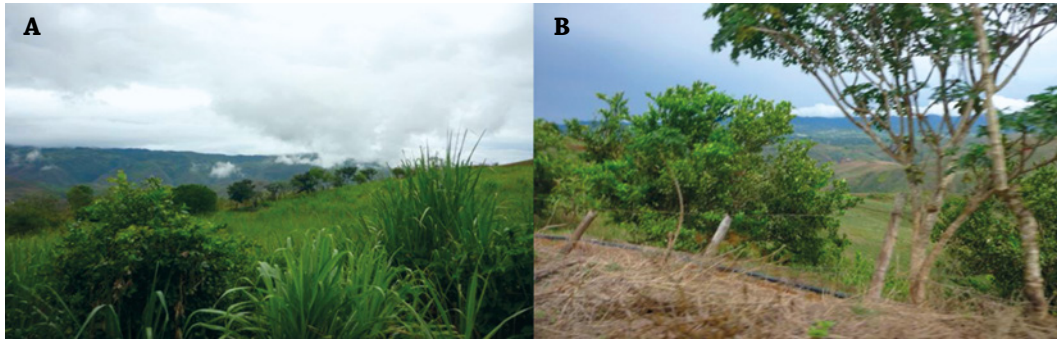


Figura 2. A) Lote disponible con plantas de caña panelera en la finca “El Encanto”. B) Lote en rastrojo disponible para establecer la parcela demostrativa

Fuente: F. Satizabal (2018).

El segundo recorrido se realizó en el corregimiento El Limonar, a 20 kilómetros del desvío al margen izquierdo de la vía que de El Palmar conduce a Dagua, con coordenadas latitud 3,603 y longitud -76,709. Se visitó al señor Nazario Benalcázar, líder activo de la zona, con experiencia en ensayos de riego por goteo en los cultivos de piña que produce en lotes en arrendamiento (ver figura 3).



Figura 3. Lotes cultivados con piña localizados en el corregimiento El Limonar

Fuente: F. Satizabal (2018).

Finalmente, se realizó un análisis de la información recopilada en campo y se seleccionó la finca “El Encanto” para la implementación de la parcela demostrativa de piña MD2, teniendo en cuenta que cumple con los criterios de selección, incluyendo la disponibilidad de área y de agua, al contar con un distrito de riego administrado por socios de Asovillahermosa.

5.4.4 Localización de la parcela demostrativa

La parcela demostrativa de piña MD2 se estableció en el corregimiento Villa Hermosa, km 40 de la vía Cali a Dagua, finca “El Encanto”, con área de 0,78 ha, coordenadas geográficas



3° 2' 62" de latitud norte, 76° 41' 68" de longitud sur, con una altura de 1220 m s. n. m. El propietario es Policarpo Mesa, padre de Harold Mesa Meneses, presidente de Asovillahermosa. Adicionalmente, se delimitó el área para el establecimiento de la parcela mediante el uso de un gps y su recorrido por el perímetro. Se determinó la pendiente del terreno para el diseño del sistema de siembra en camas paralelas, construcción de drenajes y vías de acceso (ver figura 4).



Figura 4. Área y localización georreferenciada de la parcela de piña MD2

Fuente: M. Quintero (2021).

Adicionalmente, se realizó un levantamiento topográfico con curvas de nivel y distribución de las subparcelas comparativas, así como adaptación y validación técnica de estas (ver figura 5).

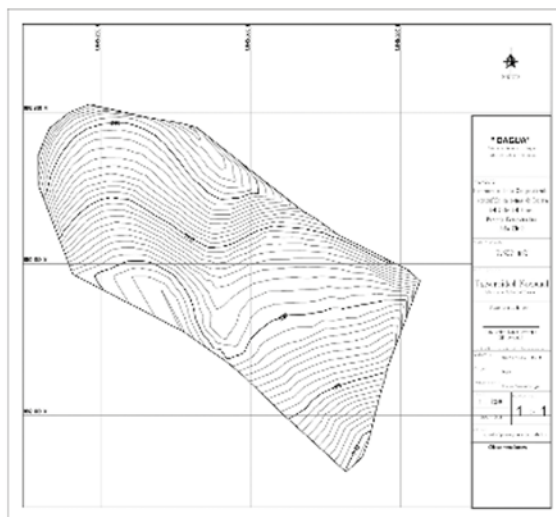


Figura 5. Distribución de la parcela demostrativa de piña MD2 en subparcelas

Fuente: M. Quintero (2021).



5.5 Conclusiones

Los municipios productores de piña más importantes en el Valle del Cauca son Dagua, Restrepo, Vijes y La Cumbre.

Según la base de datos del Plan Frutícola (2014), Dagua es el municipio con más productores de piña en el Valle del Cauca, pues registra 298 agricultores, que corresponden al 50 % del total registrado.

Se identificaron 11 productores de piña en zona de ladera de los 4 municipios priorizados, los cuales tenían un alto nivel de liderazgo en las asociaciones a las que pertenecen.

De los 11 productores identificados, se seleccionaron 2, ubicados en el municipio de Dagua, por presentar la mayor área cultivada en piña en el departamento del Valle del Cauca.

El predio seleccionado cumplió con todos los criterios establecidos. Este está situado en el municipio de Dagua y es administrado por el señor Harold Mesa, quien es un productor con un alto nivel de liderazgo en su asociación.

6. DESARROLLO DE LA PARCELA DEMOSTRATIVA Y ACOMPañAMIENTO TÉCNICO

6.1 Introducción

La selección de la finca “El Encanto”, de propiedad del señor Policarpo Mesa y administrada por Harold Mesa, ubicada en la vereda Villahermosa Km 40 vía Cali-Dagua, permitió implementar y evaluar tecnologías priorizadas para el cultivo en zona de ladera a través de una parcela demostrativa de piña MD2. En la parcela, se implementaron las siguientes opciones tecnológicas: monitoreo de variables climáticas, riego localizado de alta frecuencia, fertirriego, manejo integrado de plagas y enfermedades, acolchado plástico y fertilización foliar. Con el objetivo de evaluar las diferentes combinaciones de las tecnologías priorizadas, comparar estadísticamente los resultados relacionados con rendimiento, costos de producción, calidad del fruto, relación costo beneficio en primera y segunda cosecha, la parcela demostrativa se dividió en 5 subparcelas. De esta forma, se seleccionaron las opciones tecnológicas que permiten la implementación de un manejo más eficiente de los recursos: suelo y agua, factores de vital importancia en zona de ladera debido a su vulnerabilidad a procesos erosivos. Se buscó que las tecnologías implementadas contribuyeran al incremento de la competitividad sostenible de los productores de piña MD2 en zona de ladera del Valle del Cauca, ampliando, así, su potencial para participar en los mercados nacionales e internacionales. Los 5 tratamientos implementados se describen en la tabla 2.



Tabla 2. Tratamientos implementados en la parcela demostrativa

Tratamientos	Tecnologías Implementadas
Subparcela 1 (sp1)	Producción limpia: fertilización foliar, acolchado plástico, riego por goteo y manejo integrado de plagas y enfermedades (mipe).
Subparcela 2 (sp2)	Fertirriego: acolchado plástico, riego por goteo, manejo convencional de plagas y enfermedades.
Subparcela 3 (sp3)	Fertilización foliar: manejo convencional de plagas y enfermedades, acolchado plástico, riego por goteo.
Subparcela 4 (sp4)	Sin acolchado plástico: fertilización foliar, riego por goteo, manejo convencional de plagas y enfermedades.
Subparcela 5 (sp5)	Sin riego por goteo: fertilización foliar, manejo convencional de plagas y enfermedades, acolchado plástico.

Fuente: M. Quintero, H. Vásquez y R. Saavedra (2019).

6.2 Objetivos específicos

- Implementar diferentes opciones tecnológicas en el desarrollo de la primera cosecha de piña MD2.
- Evaluar las diferentes opciones tecnológicas en el desarrollo de la segunda cosecha de piña MD2.
- Determinar las mejores tecnologías aplicadas en las subparcelas de investigación para primera y segunda cosecha.

6.3 Evaluación de la parcela demostrativa de piña MD2: primera cosecha

6.3.1 Materiales y métodos

Con el fin de avanzar en el establecimiento de la parcela demostrativa, se concertaron, en abril de 2018, las actividades, investigaciones y responsabilidades entre el productor y el equipo técnico de la universidad Nacional de Colombia (Unal). Una vez se hicieron los acuerdos respectivos, con registro en acta, se procedió a realizar las adecuaciones necesarias para implementar en la parcela demostrativa las tecnologías de innovación.

6.3.1.1 Implementación de las tecnologías de innovación

Instalación de la estación meteorológica

Se instaló una estación meteorológica Lynkbox Meteo Plus en 2019, la cual consta de un panel solar 10 W, sensores para monitorear temperatura y humedad relativa, pluviómetro, sensor de radiación solar, sensor de velocidad y dirección del viento, evapotranspiración calculada, presión de vapor calculada; todas variables de utilidad para la toma oportuna de decisiones agronómicas sobre el cultivo (ver figura 6). Los distintos dispositivos de la estación permiten



obtener datos consolidados por día, semana y mes de cada variable monitoreada. Durante y después de la instalación, se realizó la capacitación al personal técnico del proyecto sobre el funcionamiento de la estación, los equipos que la componen y sus características generales, el uso de la App Links, entre otras. De la misma manera, el productor y su familia recibieron capacitación sobre el manejo de la app, en la cual la estación reporta la información, buscando que el agricultor se apropie de la tecnología y la utilice en la programación de sus labores de cultivo, como riegos y fertirriegos, tornándolos más eficientes.



Figura 6. A) Instalación de la estación meteorológica. B) Mantenimiento de los equipos de la estación meteorológica

Fuente: K. Osorio y M. Quintero (2018).

Instalación del sistema de riego de alta frecuencia

Se instaló un sistema de riego por goteo para 37.000 plantas en la primera cosecha y se asignaron módulos individuales para cada subparcela con el objetivo de suministrar agua directamente al sistema radical cuando las precipitaciones no cubran la demanda hídrica del cultivo (ver figura 7). La aplicación del riego por goteo se realizó teniendo en cuenta los valores registrados por la estación meteorológica en cada una de las variables climáticas de interés. La necesidad hídrica se estableció con base en la evapotranspiración de referencia calculada por la estación ($eto = 4,51 \text{ mm/día}$), el coeficiente de cultivo ($Kc = 0,50$) y la eficiencia del 90 % para el riego por goteo. Estos datos se obtuvieron de la guía para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos (FAO, 2006). Se determinó una evapotranspiración real (ETc) de $2,3 \text{ mm/día}$ y una lámina neta a aplicar de 18 mm cada 7 días. Las fórmulas empleadas para determinar la lámina de agua y frecuencia de riego fueron las siguientes:

Frecuencia de riego (Fr):

$$Fr = LARA / ETc$$



Donde:

Lara= Lámina de agua rápidamente aprovechable.

ETc= Evapotranspiración real.

Evapotranspiración real (ETc):

$$ETc = Kc \times ETo$$

Donde:

Kc= Coeficiente del cultivo.

ETo= Evapotranspiración de referencia.



Figura 7. A) Panel de control automatizado para aplicación del riego por goteo. B) Módulo de riego en cada subparcela con la tecnología

Fuente: J. Canacuan (2020).

Instalación del tanque Zamorano

Se construyó un tanque circular tipo Zamorano con el objetivo de suplir las necesidades hídricas del cultivo. El tanque tiene una capacidad de 11.000 litros (figura 8A), está construido sobre una base de concreto, estructura en malla electro soldada, varillas de 12,5 mm reforzadas, láminas de zinc acanalado calibre 33, revestido con geotextil y con geomembrana formulada con base de policloruro de vinilo (pvc) de 0,8 mm de espesor, reforzado con tela de poliéster de alta tenacidad, la cual le confiere buenas propiedades mecánicas y alta estabilidad dimensional, borde en manguera de 2", asegurado con guaya de 3/8", y una capa en geotextil. La capacidad instalada está de acuerdo con las necesidades del cultivo: entre 1,5 y 2 mm agua/día con precipitaciones moderadas, y entre 4 y 5 mm agua/día con bajas precipitaciones.



Figura 8. A) Instalación del tanque Zamorano en la parte alta de la parcela demostrativa de piña MD2. B) Almacenamiento de agua en el tanque zamorano

Fuente: M. Quintero (2020).

Instalación sistema de fertirriego

Se instaló un sistema de fertirriego para la subparcela 2, con 7661 plantas de piña MD2, que consta de los siguientes materiales y equipos: tanque plástico de 500 litros para mezcla de fertilizantes, mando de arranque, motobomba modelo EE-15-20, punto de succión, punto de descarga, filtro de anillos de 2", accesorios de conexión, tubería principal de 2" RDE 41, tubería de 1" RDE 21, línea de riego de 16 mm, tensiómetro de 60 cm, motobomba Boster de 1hp, medidor de flujo, válvula solenoide, válvula dosificadora, inyector Mazzei de 1", accesorios de conexión de Ventury, controlador con entrada a sensor Talgil Mini-agg (ver figura 9). Para su manejo, se ajustó un sistema automatizado que permite realizar el riego en el tiempo requerido para el cultivo, ya sea por cuestión de tiempo o por humedad del suelo. También se instalaron cintas de riego doble sobre las camas que correspondían a las subparcelas 1, 2, 3 y 4. Estas están compuestas por emisores ubicados a cada 10 cm y se fijaron al suelo con alambre en el centro de las camas (ver figura 10).



Figura 9. A) Tanque para la mezcla de la solución nutritiva. B) Tubería principal del sistema para fertirriego y riego por goteo

Fuente: J. Canacuan y M. Quintero (2020).



Figura 10. Cintas dobles para riego por goteo o instaladas sobre las camas

Fuente: F. Satizabal (2018).

Instalación del acolchado plástico

En las subparcelas 1, 2, 3 y 5, se instaló plástico negro-plata de calibre 1 sobre las camas utilizando rollos de 1000 m de largo y 1.2 m de ancho. Este se sujetó al suelo con estacas de madera ubicadas a cada 3 m (ver figura 11).



Figura 11. Instalación de acolchado plástico sobre las camas

Fuente: F. Satizabal (2018).



Manejo integrado de plagas y enfermedades

Para el manejo integrado de plagas y enfermedades, se realizaron monitoreos fitosanitarios en forma de Z tomando 8 puntos de la subparcela. Como medidas preventivas, se realizaron los manejos presentados en las tablas 3, 4, 5 y 6. Cuando las poblaciones de insectos plagas superaron los niveles de daño económico, se realizaron aplicaciones con productos plaguicidas y fungicidas permitidos por el ICA.

Cochinilla harinosa (Dysmicoccus brevipes)

Para el manejo integrado, se estableció un programa de monitoreo continuo, especialmente en la zona de las raíces de las plantas, lo que permitió identificar síntomas de daño. Sin embargo, entre las medidas de manejo también se realizaron aplicaciones preventivas de insecticidas, que pueden mezclarse con fertilizantes, con rotación de moléculas químicas y con productos biológicos (ver tabla 3).

Tabla 3. Manejo integrado de la cochinilla

Insumos Aplicados	Dosis
Clorpirifos (Lorsban)	300 ml/200 l de agua
Malathion (Malathion)	300 ml/200 l de agua
<i>Beauveria bassiana</i>	300 g/200 l de agua
<i>Metarhizium anisopliae</i>	300 g/200 l de agua

*Fuente: Ríos-Rojas *et al.* (2019).

Sinfílicos (*Hanseniella spp.*, *Scutigerella spp.*, *Symphylella spp.*)

El manejo es preventivo. Para ello, es indispensable que el material de propagación seleccionado esté libre de problemas sanitarios. Se realizaron aplicaciones preventivas con rotaciones de productos químicos y biológicos mediante un programa de manejo integrado de plagas (MIP) (ver tabla 4).

Tabla 4. Manejo integrado de sinfílicos

Insumos aplicados	Dosis
Clorpirifos (Lorsban)	300 ml/200 l de agua
Tiacloprid y Deltametrin (Proteus)	300 ml/200 l de agua
<i>Nomuraea sp.</i> , <i>Beauveria sp.</i> , <i>Paecilomyces sp.</i> , <i>Metarhizium sp.</i> , <i>Lecanicillium sp.</i> (Fungiplant)	300 g/200 l de agua

Fuente: Ríos-Rojas *et al.* (2019).



También es indispensable:

- Realizar buena preparación del suelo en el que se establecerá el cultivo.
- Implementar un programa periódico de monitoreo que permita identificar tempranamente la incidencia de la plaga.
- Construir drenajes en zonas con problemas de humedad.
- Implementar un programa de manejo de arvenses.
- Erradicar plantas hospederas de insectos-plaga (Ríos-Rojas *et al.*, 2019).

Tecla (*Strymon basilides* Geyer)

Se realizó un plan de manejo preventivo mediante aplicaciones de agroquímicos de baja toxicidad y corto período de carencia, así como manejo biológico preventivo (ver tabla 5).

Tabla 5. Manejo químico de thecla

Insumos aplicados	Dosis
Carbamato (Sevin)	500 ml/200 l de agua
Malathion (Malathion)	500 ml/200 l de agua
<i>Bacillus thuringiensis</i>	200 g/200 l de agua

Fuente: elaboración propia.

Otra sugerencia para su manejo consiste en colocar plásticos en el interior del cultivo, o alrededor de color amarillo o rojo, impregnados con pegante, a modo de trampas para el monitoreo de adultos, antes de la floración, alrededor de la sexta semana, y después de la inducción, con el objetivo de identificar y eliminar plantas hospederas como heliconias y platanillos alrededor del cultivo (Monge *et al.*, 2018).

Nematodos (*Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Criconemoides*)

Para el manejo de los fitoparásitos, se recomienda la implementación del manejo integrado en el momento de la siembra (ver tabla 6).

Tabla 6. Manejo integrado de nematodos

Insumos aplicados	Dosis
Carbamato (Sevin)	500 ml/200 l de agua
Malathion (Malathion)	500 ml/200 l de agua
<i>Trichoderma</i> sp.	g/200 l de agua

Fuente: R. Saavedra y H. Vásquez (2019).



Determinación de las subparcelas

Con el propósito de comparar estadísticamente las tecnologías aplicadas en la producción y estandarizar criterios técnicos para el manejo del cultivo de piña MD2, se procedió a dividir la parcela en 5 subparcelas de acuerdo con las 5 tecnologías a validar (ver tabla 7 y figura 12).

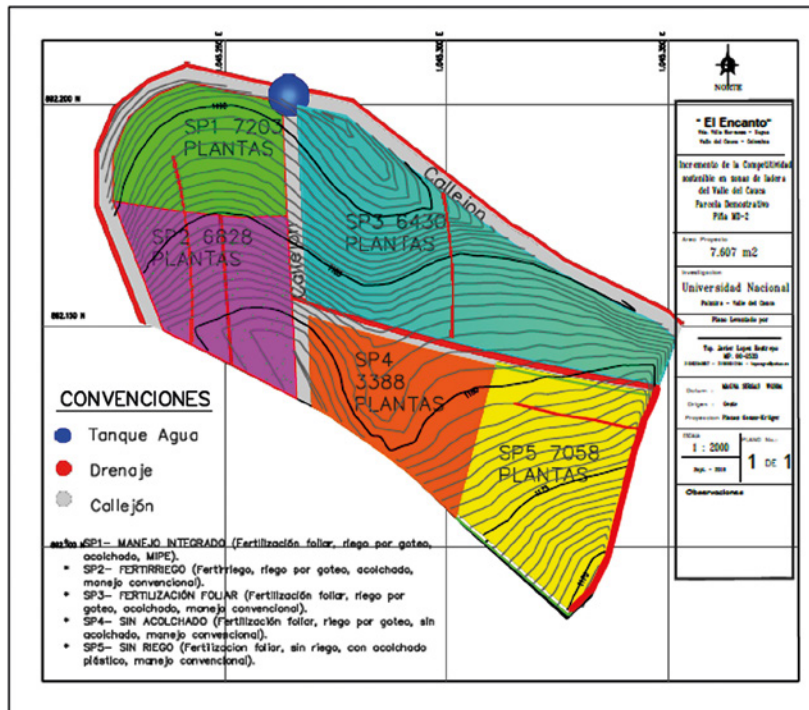
Tabla 7. Distribución de las subparcelas de piña MD2

Subparcela	Tecnologías implementadas	Tipo de colino (# plantas)		Número de camas		Número de plantas	
		Basal	Axilar	Basal	Axilar	Fertirriego	Foliar
SP1	Producción limpia: fertilización foliar, acolchado plástico, riego por goteo y manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE).	5560	3164	12	8	0	8724
SP2	Fertirriego: acolchado plástico, riego por goteo y manejo convencional de plagas y enfermedades.	7661	0	28	0	7661	0
SP3	Fertilización foliar: manejo convencional de plagas y enfermedades, acolchado plástico y riego por goteo.	7600	0	26	0	0	7600
SP4	Sin acolchado plástico: fertilización foliar, riego por goteo y manejo convencional de plagas y enfermedades.	2370	4120	7	13	0	6490
SP5	Sin riego por goteo: fertilización foliar, manejo convencional de plagas y enfermedades, y acolchado plástico.	6293	0	36	0	6293	7600
Total		29.484	7284	109	21	13.954	22.814
Total colinos y camas		36.768		130		36.768	

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).



Figura 12. Distribución espacial de las subparcelas con las opciones tecnológicas



Fuente: M. Quintero (2020).

6.3.1.2 Análisis de suelos

Se tomaron muestras de suelos para determinar las características fisicoquímicas de los suelos en los que se estableció la parcela demostrativa. Para el muestreo el lote, se dividió en 2 zonas, alta y baja. En cada zona se hizo un recorrido en zigzag y se tomaron 3 submuestras a 30 cm de profundidad (ver figura 13), que luego fueron homogenizadas hasta obtener una muestra compuesta de 1 kg. Estas, a su vez, se empaclaron en doble bolsa plástica y se rotularon para ser enviadas al laboratorio Agrilab SAS con su respectivo formato diligenciado.



Figura 13. A) Equipo técnico encargado de la toma de muestra de suelo en la finca "El Encanto". B) Perfil del suelo en la finca "El Encanto"

Fuente: R. Saavedra (2018).



6.3.1.3 Preparación del suelo

Historial de uso del suelo

En el lote en que se instaló la parcela demostrativa se encontró un cultivo de caña de azúcar de aproximadamente 4 años de edad y algunas arvenses como pasto argentina (*Cynodon dactylon*), pasto guinea (*Panicum máximum*), liendre de puerco (*Echinochloa colonum*), pata de gallina (*Digitaria sanguinalis*), cadillo (*Bidens pilosa*), pasto grama (*Axonopus compressus*), entre otras.

Limpieza del terreno para el establecimiento de la parcela

Se realizó la limpieza y eliminación del rastrojo o barbecho mediante guadaña y aplicación del herbicida glifosato a razón de 2 l/ha para el control de gramíneas y arvenses de hoja ancha (ver figura 14).



Arado

Después de eliminar el barbecho, se realizaron 2 pases con arado de vertedera con discos cruzados de 36 pulgadas, para mejorar la estructura del suelo y facilitar las diferentes actividades de establecimiento del cultivo e incorporar las arvenses al suelo.

Figura 14. Lote para el establecimiento de la parcela demostrativa piña MD2

Fuente: F. Satizabal (2018).

Subsolado

Una vez terminado el arado, se realizaron 2 pases de subsolador-cinzelada con 3 cuerpos a una profundidad de 30 cm, para descompactar el suelo y permitir una mejor aireación, infiltración del agua y anclaje de las raíces.

Descepada

Posteriormente, se llevó a cabo la descepada y rastrillada con 2 pases de discos de 36 pulgadas (ver figura 15), con el fin de retirar los desechos de las cepas de gramíneas y otras arvenses, así como para romper, destruir y pulir los terrones o bloques del suelo, garantizando el contacto eficaz del colino con el suelo.



Figura 15. Descepada y rastrillada del lote para la construcción de las camas

Fuente: F. Satizabal (2018)..



Figura 16. Adecuación de drenajes principales en la cabecera de la parcela demostrativa

Fuente: F. Satizabal (2018)..

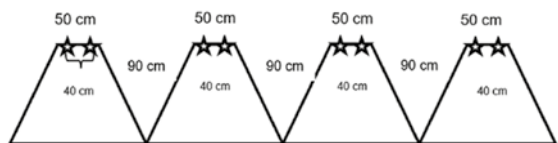


Figura 17. Diseño de las camas, distancia y ancho entre camas: 90 y 50 cm; distancia entre plantas: 40 cm

Fuente: F. Satizabal y M. Quintero (2018).

Construcción de callejones y drenajes

En la cabecera de lote se construyeron en pendientes menos pronunciadas drenajes en forma manual y mecánica con una surcadora. El lote presenta 3 drenajes y callejones distribuidos en la parcela. Para su distribución, se tuvieron en cuenta los puntos de encharcamiento del agua, lo que se puede observar en la figura 16.

Encamado

Para la elaboración de las camas, se utilizó una surcadora-aporcadora de 2 brazos rígidos, a una profundidad de 1,26m, con medidas técnicas entre camas de 1,40m, obteniendo una distancia adecuada entre las plantas, las cintas de riego y el acolchado plástico (ver figuras 17 y 18).

Trazado a través de la pendiente

Las camas se construyeron en forma manual a través de la pendiente y teniendo en cuenta las dimensiones establecidas anteriormente (ver figura 19).

Encalamiento

Se aplicaron en la parcela demostrativa 750 kg de cal agrícola, que fue incorporada con el último pase de la maquinaria, con el fin de corregir el pH de acuerdo con el análisis edáfico.

6.3.1.4 Siembra de piña MD2

En la parcela demostrativa, se sembró el híbrido de piña MD2 por sus características de adaptación, buen desarrollo y producción bajo las condiciones edafoclimáticas de la región (ver figura 20).



Figura 18. Surcadora-aporcadora de 2 brazos rígidos para la construcción de calles y camas

Fuente: F. Satizabal (2018).



Figura 19. Camas construidas a través de la pendiente

Fuente: F. Satizabal (2018).



Figura 20. Piña MD2 establecida en la parcela demostrativa

Fuente: F. Satizabal (2018).



Figura 21. Colino axilar de piña MD2 de excelente desarrollo

Fuente: F. Satizabal, H. Vásquez y R. Saavedra (2018).

Selección de la semilla

La semilla de piña MD2 se obtuvo de un cultivo tecnificado de la región con un buen manejo agronómico y fitosanitario. Se seleccionaron colinos axilares y basales del fruto por peso y tamaño (ver figura 21).

Los colinos seleccionados cumplieron con características tales como peso y buen estado fitosanitario. Para realizar el proceso de solarización y facilitar la cicatrización, el sistema radical se expuso al sol colocando los colinos de forma invertida (ver figura 22A). Se descartaron colinos que presentaron deformaciones, como el pronunciamiento de la base encorvada (ver figura 22B). En total, se obtuvieron 36.768 colinos, que se separaron en 2 grupos por peso y tamaño, facilitando realizar siembras homogéneas de acuerdo con la siguiente clasificación:



- Axilares con peso entre 400 a 500 g (ver figura 23A).
- Basales del fruto con peso entre 300 a 450 g (ver figura 23B).

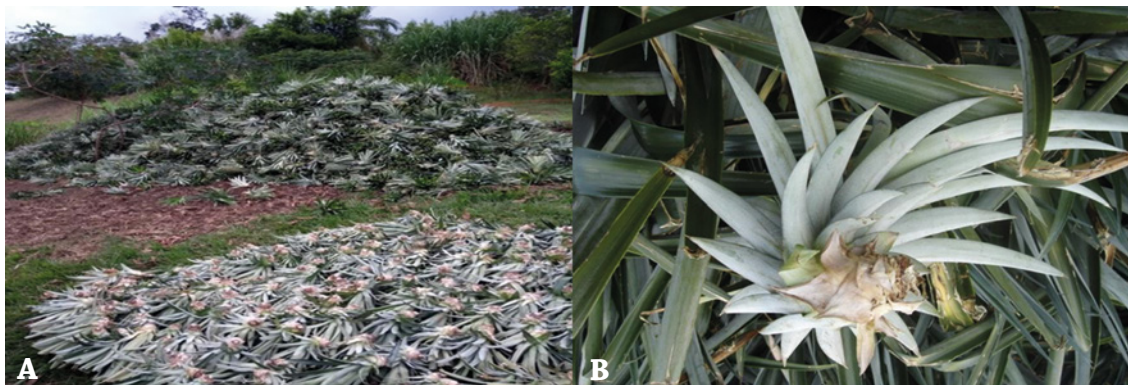


Figura 22. A) Selección y proceso de solarización de colinos. B) Colino basal no apto para la siembra por presentar defectos de doblamiento pronunciado en la base

Fuente: F. Satizabal, H. Vásquez y R. Saavedra (2018).



Figura 23. A) Colino axilar de piña MD2. B) Colino basal del fruto de piña MD2

Fuente: F. Satizabal, H. Vásquez y R. Saavedra (2018).

Desinfección de la semilla

Para desinfectar la semilla y, así, evitar la proliferación de plagas y enfermedades en la parcela demostrativa, se trataron los colinos con los productos químicos enunciados en la tabla 8.

Tabla 8. Insumos utilizados para la desinfección de la semilla de piña MD2

Insumo	Dosis	Procedimiento
Fosetil-Al (Aliette)	250 g/100 l de agua	Sumergir la semilla por 5 minutos antes de la siembra.
Metalaxil (Ridomil)	150 g/100 l de agua	
Clorpirifos (Lorsban)	200 cm ³ /100 l de agua	

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).



Siembra

La siembra de la parcela demostrativa se realizó durante el mes de diciembre de 2018 (ver figura 24A). Se empleó un sistema de surcos dobles con distancias de 25 y 40 cm entre plantas y 90 cm entre calles (ver figura 24B). La profundidad de siembra fue de 12 a 14 cm y se presionó alrededor del colino para asegurar su contacto con el suelo. El número total de colinos sembrados fue de 36.768.

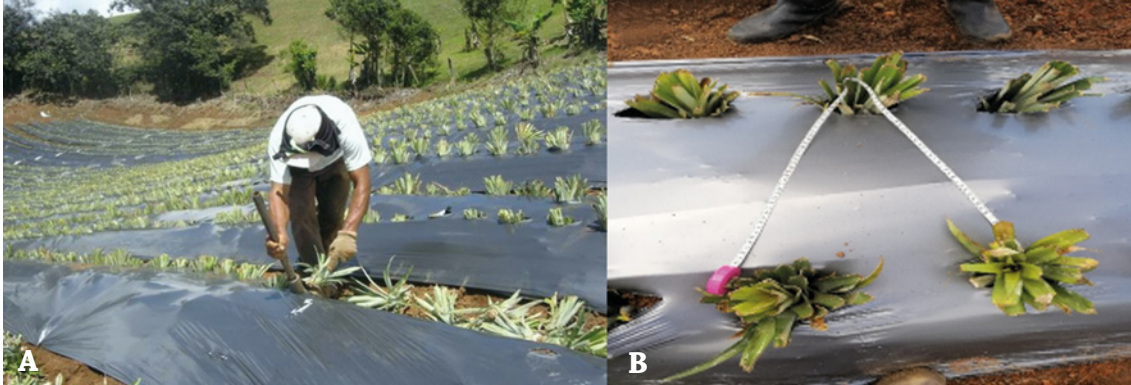


Figura 24. A) Siembra de colinos de piña MD2. B) Distancia entre surcos dobles y plantas sembradas en 3 bolillos

Fuente: F. Satizabal, H. Vásquez y R. Saavedra (2018).

Actividades posteriores a la siembra

Luego de diez días de la siembra se realizó un riego manual con una mezcla de microorganismos antagonistas (ver tabla 9). Luego de quince días, se aplicó en las calles una mezcla de herbicidas (Diurón + Ametrina) (ver tabla 10).

Tabla 9. Aplicación diez días después de siembra

Producto biológico	Dosis
<i>Trichoderma</i> sp.	300 g/200 l de agua
<i>Bacillus subtilis</i>	150 cm ³ /200 l de agua
Miel de purga	2 l/200 l de agua

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).

Tabla 10. Aplicación quince días después de siembra

Ingrediente Activo	Dosis
Diurón	1kg/200 l de agua
Ametrina	1 l/200 l de agua

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).



6.3.1.5 Manejo integrado de arvenses

Para el manejo de arvenses en la parcela demostrativa, se utilizó una mezcla de Karmex (Diurón) + Gesapax (Ametrina) que se aplicó en calles y callejones cuando se observó crecimiento moderado de arvenses. Adicionalmente, se realizaron deshierbes manuales en zonas de drenajes y callejones (ver tabla 11).

Tabla 11. Productos aplicados para el manejo integrado de arvenses

Ingrediente activo	Dosis
Diurón	1 kg/200 l de agua
Ametrina	1 l/200 l de agua

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).

6.3.1.6 Monitoreo y manejo de floración prematura

La floración prematura es un fenómeno que se presenta en colinos de piña cuando las plantas de las que se obtienen han sido tratadas con etileno, ya que este acelera la maduración externa de la fruta (pintada). Se sabe que el efecto residual de la hormona finaliza 60 días después de aplicada, por lo cual, si los colinos son cosechados antes de este tiempo, inducen floración prematura. Estas plantas deben retirarse del cultivo.

6.3.1.7 Monitoreo y manejo de floración natural

La piña MD2 es susceptible a la floración natural, la cual se presenta antes de la inducción y se acelera cuando la temperatura nocturna es menor a 12°C. Fenómeno que altera la planificación de actividades en el cultivo, en especial el control del perforador del fruto (*S. basilides*). Por esta razón, para llevar a cabo la inducción floral y programar la época de cosecha escalonada se realizaron jornadas de monitoreo en cada una de las subparcelas.

6.3.1.8 Fertilización de la parcela demostrativa

Fertilización por fertirriego (análisis foliar)

Se tomaron muestras foliares de la hoja D (la hoja más joven de las más adultas) a los 4, 7 y 10 meses de edad del cultivo para conocer el estado nutricional de la planta (ver figura 25). Se recomienda realizar análisis foliar cada 3 meses hasta iniciar la inducción floral, es decir, a los 3, 6 y 9 meses después de establecido el cultivo. Por cada subparcela, se realizaron 3 análisis foliares (la muestra en cada subparcela fue de 5 hojas al azar). Los resultados obtenidos con el análisis foliar permitieron ajustar el plan de fertilización para el cultivo de piña MD2 propuesto con base en el análisis de suelos (ver tabla 12).



Figura 25. Muestreo de la hoja D para análisis foliar de la planta de piña MD2

Fuente: F. Satizabal, H. Vásquez y R. Saavedra (2018).

Tabla 12. Insumos y dosis utilizados para fertirriego en la subparcela 2 (total: 15 aplicaciones)

Insumo	Aplicación 1 a 5	Aplicación 6 a 10	Aplicación 11 a 15
Nitropeñero	1,5 l	1,5 l	1,5 l
Campofert NK	2 kg	2 kg	2 kg
Campofos	0,5 kg	0,5 kg	0,5 kg
Quelato de Magnesio	100 g	100 g	100 g
Quelato de Zinc	100 g	100 g	100 g
Quelato de Hierro	50 g	50 g	50 g
Bórax	100 g	100 g	100 g
Lorsban	300 cm ³	300 cm ³	300 cm ³

La dosis está ajustada por caneca de 200 l de agua

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).

Fertilización edáfica

Veinte y cincuenta días después de la siembra, se aplicó el fertilizante granulado 10-30-10 en dosis de 10 g/planta por aplicación y se localizó en la base de la planta usando un tubo de PVC con embudo (ver figura 26).



Figura 26. Aplicación edáfica del fertilizante 10-30-10 en la base de la planta de piña MD2 veinte días después de la siembra

Fuente: H. Vásquez y R. Saavedra (2018).

Fertilización foliar

La primera fertilización foliar se realizó treinta días después de la siembra y se continuó cada quince días con bomba de espalda y estacionaria (ver figura 27). Los insumos y dosis utilizados se relacionan en las tablas 13, 14 y 15.



Figura 27. Aplicación foliar del fertilizante al cultivo de piña MD2

Fuente: M. Quintero (2019).

Tabla 13. Insumos y dosis utilizadas para la fertilización foliar en la parcela demostrativa

Producto	App 1	App 2	App 3	App 4	App 5
Urea	6,2kg	6,2kg	6,2kg	6,2kg	6,2kg
Cloruro de potasio (KCl)	1,1kg	0	0	0	0
Sulfato de magnesio (MgSO ₄)	3,8kg	3,2kg	3,2kg	3,2kg	3,2kg
Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	0	7.5kg	7.5kg	7.5kg	7.5kg
Sulfato de zinc (Zn SO ₄)	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g
Sulfato de hierro (Fe SO ₄)	132 g	181 g	181 g	181 g	181 g
Bórax	30 g	30 g	30 g	30 g	30 g

Continúa



Producto	App 1	App 2	App 3	App 4	App 5
Lorsban	250 cm ³	250 cm ³	250 cm ³	250 cm ³	250 cm ³
Ácido cítrico	26 g	36 g	36 g	36 g	36 g
La dosis está ajustada por caneca de 200 l					

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).

Tabla 14. Insumos y dosis utilizadas para la fertilización foliar en la parcela demostrativa

Producto	App 6	App 7	App 8	App 9	App 10
Urea	6,9kg	6,9kg	6,9kg	6,9kg	6,9kg
Cloruro de potasio (KCl)	0	0	0	0	0
Sulfato de magnesio (MgSO ₄)	3,2kg	3,2kg	3,2kg	3,2kg	3,5kg
Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	7,5kg	7,5kg	7,5kg	7,5kg	8kg
Sulfato de zinc (Zn SO ₄)	200 g	200 g	200 g	200 g	200 g
Sulfato de hierro (Fe SO ₄)	180 g	180 g	180 g	180 g	180 g
Bórax	0	0	0	0	30 g
Lorsban	250 cm ³	250 cm ³	250 cm ³	250 cm ³	200 cm ³
Ácido cítrico	36 g	36 g	36 g	36 g	36 g
La dosis está ajustada por caneca de 200 l					

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).

Tabla 15. Insumos y dosis utilizadas para la fertilización foliar en la parcela demostrativa

Producto	App 11	App 12	App 13	App 14	App 15
Urea	6,9kg	6,9kg	6,9kg	6,9kg	6,9kg
Cloruro de potasio (KCl)	0	0	0	0	0
Sulfato de magnesio (MgSO ₄)	3,2kg	3,2kg	3,2kg	3,2kg	3,5kg
Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	7,5kg	7,5kg	7,5kg	7,5kg	8kg
Sulfato de zinc (Zn SO ₄)	200 g	200 g	200 g	200 g	200 g
Sulfato de hierro (Fe SO ₄)	180 g	180 g	180 g	180 g	180 g
Bórax	0	0	0	0	30 g
Lorsban	250 cm ³	250 cm ³	250 cm ³	250 cm ³	200 cm ³
Ácido cítrico	36 g	36 g	36 g	36 g	36 g
La dosis está ajustada por caneca de 200 l					

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).

6.3.1.9 Inducción floral

La inducción floral se realizó a los 9 meses de edad del cultivo y se aplicaron 140 cm³ de Ethrel + 4 K g de Urea por caneca de 200 l de agua. Estas aplicaciones se hicieron en la mañana o en la tarde.

6.3.1.10 Monitoreo del desarrollo fisiológico del cultivo

Se realizaron jornadas de monitoreo para evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas veinte días después de la siembra. Se tomaron 30 plantas al azar en cada subparcela para medir el nivel de enraizamiento, obteniendo el porcentaje de raíces en las plantas. También



se seleccionaron 30 plantas en cada subparcela y se realizaron registros fotográficos de la altura de la parte aérea de la planta y del perímetro del área foliar (sombra) cada quince días, luego se procesaron estas imágenes con el software Image J. Cada treinta días, se extrajeron 3 plantas de cada subparcela para obtener datos del área foliar fotosintética total, biomasa de las hojas, el cogollo y la raíz, y peso total de la planta (hojas, cogollo y raíces). También se realizó la medición del área foliar fotosintética de las plantas con ayuda del equipo LI-3100C Area Meter.

6.3.1.11 Cosecha

La cosecha de piña MD2 se realizó durante los meses de marzo y abril de 2020, cumpliendo con las siguientes actividades: recolección-cosecha en campo, transporte del fruto al centro de acopio, clasificación, pesaje y número de frutos por subparcela, embalaje y transporte hacia el lugar de comercialización.

6.3.2 Resultados

6.3.2.1 Monitoreo de variables climáticas

La estación meteorológica permitió monitorear desde marzo de 2019, durante la primera cosecha, variables de importancia relacionadas con los procesos fisiológicos del cultivo. Las variables monitoreadas fueron: temperatura, precipitación, evapotranspiración, radiación solar, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento (ver figura 28).

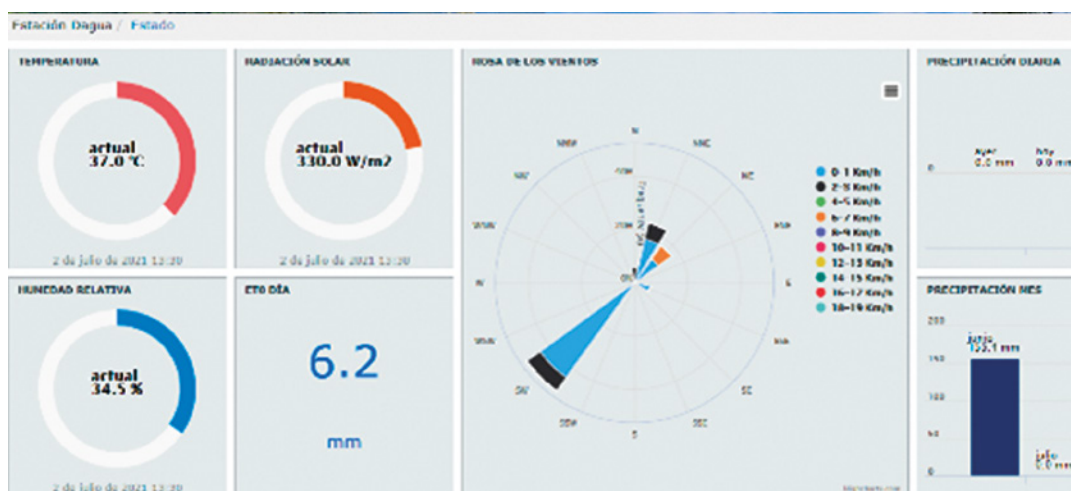


Figura 28. Registro y visualización de variables climáticas monitoreadas por la estación meteorológica

Fuente: App Lynks (2019).

Precipitación vs. evapotranspiración

Para el período comprendido entre abril y diciembre de 2019, la precipitación y evapotranspiración máximas ocurridas y registradas por la estación fueron de 24,90 mm



y 8,21 mm, respectivamente. Para este mismo período, la evapotranspiración media fue de 3,82 mm. El registro de las variables climáticas permitió determinar el déficit hídrico de 186,266 mm para el cultivo de piña MD2, el cual debió ser suplido a través del sistema de riego.

Temperatura

Durante 2019, la temperatura promedio se estableció en un rango entre 19,80 y 28,12 °C, mientras que la temperatura mínima fue de 17,40 °C, registrada en el mes de junio, y la temperatura máxima fue de 38,8 °C, que se presentó en el mes de mayo.

Humedad relativa

La humedad relativa promedio durante 2019 fluctuó en un rango entre 64,30 y 81,45 %; con un valor máximo de 97,10 %, en junio, y un valor mínimo de 38,90 %, en abril.

6.3.2.2 Análisis de suelos

Los resultados de los análisis de suelos para las 2 zonas muestreadas en la parcela demostrativa se observan en las tablas 16 y 17. Estos permitieron la programación del plan inicial de fertilización foliar y del fertirriego de la parcela demostrativa.

Tabla 16. Análisis de suelos para la zona alta de la parcela demostrativa

Parámetro	Unidad de medida	Valor	Calificación
pH	De 1 a 14	5,75	Moderadamente ácido
C. E.	dS/m	0,08	Muy baja
Densidad aparente	g/cc	1,27	
C. O.	%	1,28	bajo
M. O.	%	2,20	bajo
Textura		Arcilloso	
Acidez intercambiable	mg/kg	N. A.	N. A.

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).

Tabla 17. Análisis de suelos para la zona baja de la parcela demostrativa

Parámetro	Unidad de medida	Valor	Calificación
pH	De 1 a 14	5,85	Moderadamente ácido
C. E.	dS/m	0,11	Muy baja
Densidad aparente	g/cc	1,24	
C. O.	%	2,08	Medio
M. O.	%	3,58	Medio
Textura		Franco-arcilloso	
Acidez intercambiable	mg/kg	N. A.	N. A.

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).



6.3.2.3 Monitoreo y manejo de floración prematura

Este fenómeno se presentó veinte días después de la siembra. Las plántulas con floración prematura se retiraron del lote. En total fueron 267 plantas con floración prematura, todas provenientes de colinos axilares (ver figura 29 y figura 30).

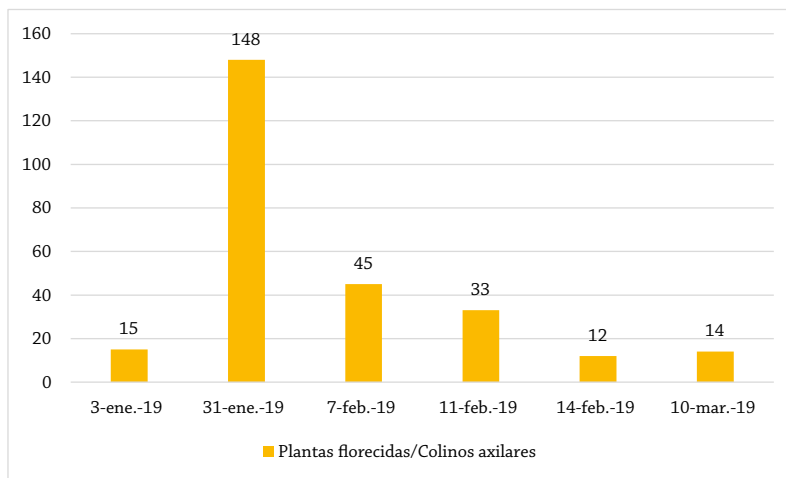


Figura 29. Monitoreo de floración prematura en la parcela demostrativa durante 2019

Fuente: M. Quintero y R. Saavedra (2019).

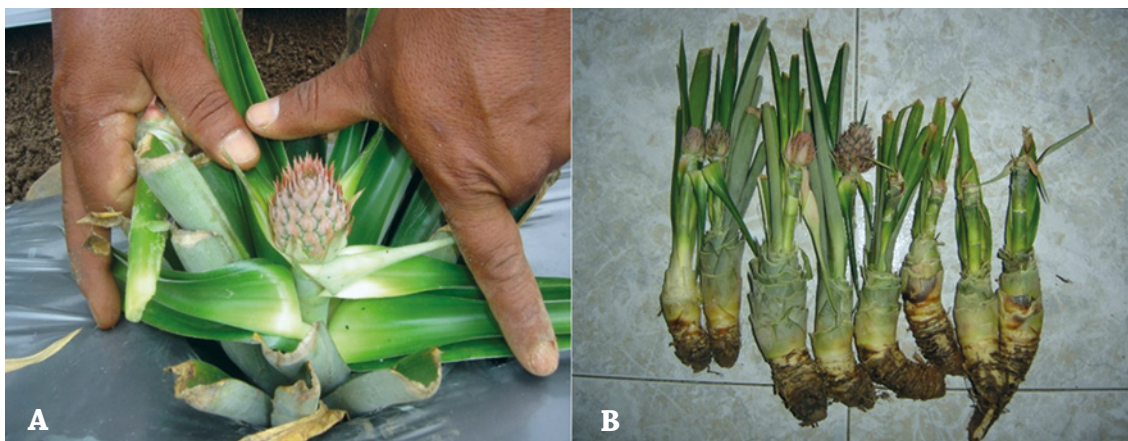


Figura 30. Registro fotográfico de la floración prematura

Fuente: R. Saavedra (2019).

6.3.2.4 Monitoreo y manejo de floración natural

La floración natural se presentó en cada una de las subparcelas. En total, ocurrió en 4136 plantas, que representan el 12 % de la parcela demostrativa (ver figura 31). Los porcentajes se muestran en la tabla 18.

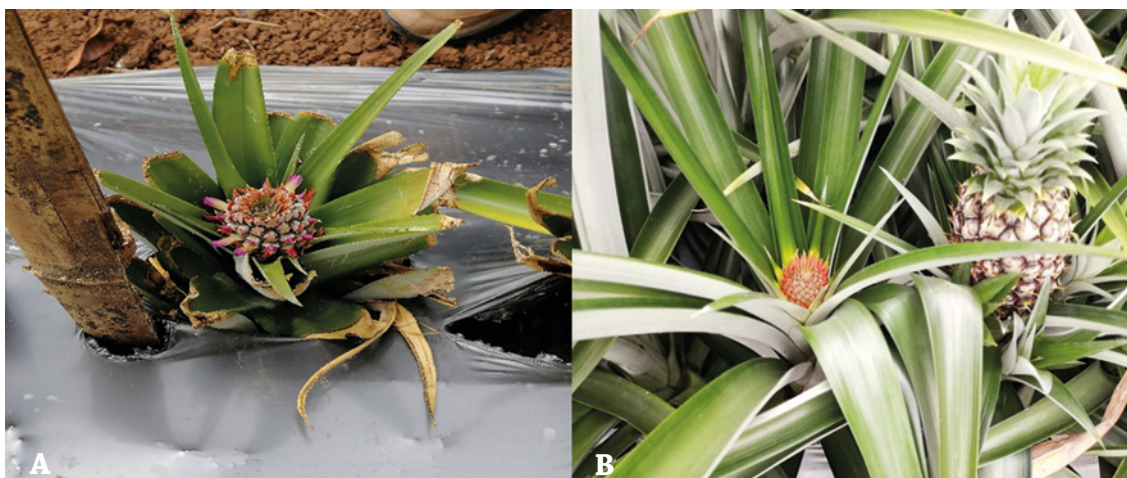


Figura 31. A) Planta de piña MD2 con floración natural. B) Inicio de formación de un fruto como resultado de la inducción floral y otro fruto generado por floración natural

Fuente: R. Saavedra y M. Quintero (2019).

En la tabla 18, se complementan las fechas en las que se realizó el monitoreo, la subparcela y el tipo de colino en el que se presentó la floración natural. Cabe destacar que el colino basal fue en el que más se presentó este fenómeno, aunque no de manera sustancial con respecto al axilar (con una diferencia de solo 119 colinos). Sin embargo, los colinos axilares en la SP1 fueron los más afectados; en el resto de las parcelas se observó más afectación en los colinos basales.

Tabla 18. Registro de la floración natural presentada en cada una de las subparcelas demostrativas en la primera cosecha

Fecha	SP1 Tipo de colino	SP2 Tipo de colino	SP3 Tipo de colino	SP4 Tipo de colino	SP5 Tipo de colino
17-mar-2019	33 axl*	—	99 bas**	81 bas	75 bas
24-jun-2019	33 axl	—	—	—	24 bas
12-jul-2019	5 axl	—	4 bas	—	—
18-Jul-2020	21 axl	—	—	—	—
24-jul-2020	33 axl	—	—	—	28 bas
2-ago-2020	62 axl	—	—	54 axl	11 bas
16-ago-2020	138 axl 4 bas	—	—	—	28 bas
2-sep-2020	1777 axl	105 bas	896 bas	—	686 bas
Subtotal	2129 axl 4 bas	105 bas	999 bas	81 bas 54 axl	764 bas
Total	2133	105	999	135	764

* Colino axilar/ **Colino basal.

Fuente: R. Saavedra (2019).



6.3.2.5 Monitoreo de plagas y enfermedades en la parcela demostrativa de piña MD2

Durante el período de abril a diciembre de 2020, se realizó el monitoreo de enfermedades como *Phytophthora* sp. y *Fusarium*, así como de desórdenes fisiológicos como tusa, fasciación, corona múltiple y cintura del fruto (ver figura 32). Se realizó un consolidado de incidencia de *Phytophthora* sp. en cada una de las subparcelas, destacándose la subparcela 5 por la mayor incidencia (6,57 %), seguida por las subparcelas 1 y 3 (5,11 y 3,87 %), respectivamente (ver figura 33).



Figura 32. A) Monitoreo fitosanitario en la parcela demostrativa de piña MD2. B) Planta afectada por *Phytophthora* sp.

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).

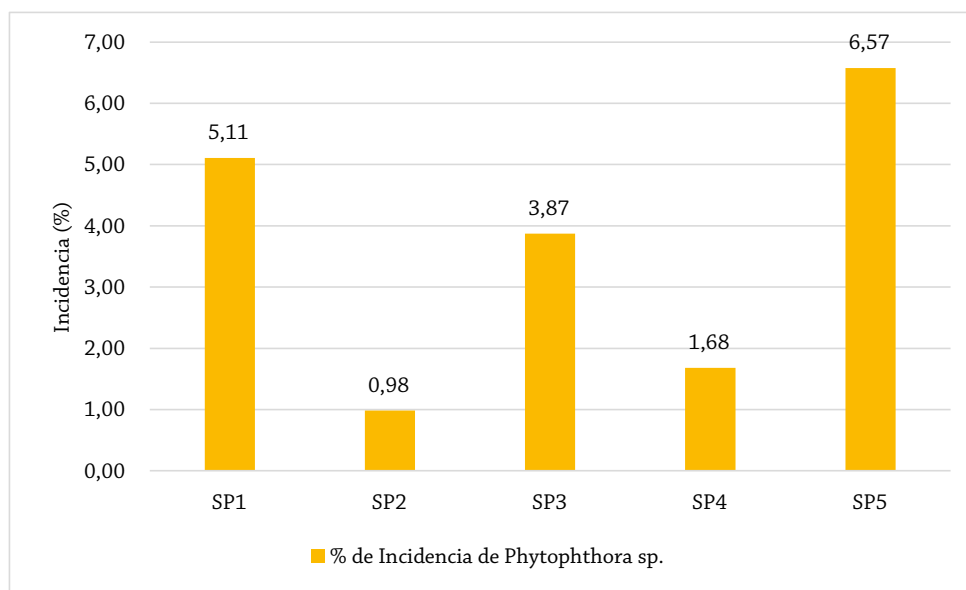


Figura 33. Porcentaje de incidencia de *Phytophthora* sp. por subparcela

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2019).



6.3.2.6 Monitoreo desarrollo fisiológico del cultivo

Nivel de enraizamiento

A partir de la fecha de siembra, la totalidad de las plantas evaluadas presentaron emisión de raíces a los veinte días, lo cual permitió definir el cronograma de fertilización. La primera fertilización se realizó quince días después de la evaluación de la emisión de raíces.

Longitud de la planta (altura)

Se observó que los tratamientos implementados en las subparcelas 1, 2 y 5 expresaron una mayor longitud de la planta de piña MD2 ($p < 0.5$) (ver tabla 19).

Tabla 19. Altura de la planta por subparcela

Subparcela	Altura de la planta (cm)*
1	25,0808 a
2	25,4179 a
3	21,1784 c
4	22,2215 b
5	25,3129 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: J. Caicedo (2019).

Área de apertura foliar fotosintética

Las plantas de la subparcela 5 presentaron la mayor área de apertura foliar fotosintética en comparación con el resto de las subparcelas ($p < 0,5$ %), seguida por las plantas de la subparcela 4 y 5. Entre las subparcelas 2 y 3, no se presentó ninguna diferencia (ver tabla 20).

Tabla 20. Área de apertura foliar fotosintética por subparcela

Subparcela	Área de apertura foliar fotosintética (cm)*
1	197,21 c
2	200,27 bc
3	208,29 bc
4	213,78 b
5	229,37 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: J. Caicedo (2019).



Perímetro del área de apertura foliar fotosintética (sombra)

Las plantas de las subparcelas 5, 3 y 2 fueron las que presentaron valores superiores de perímetro del área foliar fotosintética, pero sin diferencias significativas entre ellas ($p < 0,5$). El menor valor se presentó en la subparcela 1 (ver tabla 21).

Tabla 21. Agrupamiento por prueba Tukey para el perímetro del área foliar fotosintética por subparcela

Subparcela	Perímetro del área foliar fotosintética (cm)*
1	123,60 c
2	164,47 ab
3	175,19 a
4	157,37 b
5	176,07 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: J. Caicedo (2019).

Biomasa del área foliar

Esta variable no presentó diferencias entre las subparcelas ($p < 0,5$), sin embargo, en la subparcela 1 se observaron los mayores valores de biomasa foliar (ver tabla 22).

Tabla 22. Biomasa de área foliar por subparcela

Subparcelas	Biomasa de área foliar (g)*
1	198,89 a
2	151,77 a
3	168,90 a
4	151,83 a
5	183,69 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: J. Caicedo (2019).

Biomasa del cogollo

El tratamiento implementado en la subparcela 1 permitió una mayor ganancia de peso en la biomasa del cogollo en las plantas de piña MD2. La subparcela 3 fue la que presentó el menor valor promedio de biomasa de cogollo ($p < 0,5$) (ver tabla 23).



Tabla 23. Biomasa de cogollo por subparcela

Subparcelas	Biomasa de cogollo (g)*
1	26,3338 a
2	24,3713 ab
3	18,6650 b
4	22,1438 ab
5	24,6225 ab

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: J. Caicedo (2019).

Biomasa de la raíz

Las plantas de las subparcelas 1 y 3 fueron las que, en promedio, presentaron mayor biomasa de raíz, mientras que las plantas de la subparcela 4 fueron las que menos. El resto de las subparcelas no presentaron diferencias significativas ente sí (ver tabla 24).

Tabla 24. Biomasa de la raíz por subparcela

Subparcelas	Biomasa de la raíz (g)*
1	6,04 a
2	4,92 ab
3	6,18 a
4	3,39 b
5	5,37 ab

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: J. Caicedo (2019).

Peso total de la planta

La subparcela 1 fue la que presentó el mayor peso promedio de la planta en contraste con las subparcelas 2, 3 y 4, que fueron las de menor promedio en esta variable (ver tabla 25).

Tabla 25. Peso total de planta por subparcela

Subparcela	Peso total de la planta (g)*
1	459,53 a
2	310,82 c
3	305,21 c
4	352,48 bc
5	433,00 ab

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: J. Caicedo (2019).



Área foliar fotosintética

Las subparcelas 1 y 2 fueron las que presentaron la mayor y menor área foliar fotosintética promedio, respectivamente. El resto de subparcelas no presentaron diferencias ($p < 0,5$) (ver tabla 26).

Tabla 26. Área fotosintética foliar por subparcela

Subparcela	Área foliar fotosintética (cm ²)*
1	2051,62 a
2	1418,58 b
3	1565,67 ab
4	1603,63 ab
5	1751,93 ab

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: J. Caicedo (2019).

6.3.2.7 Primera cosecha floración inducida

La subparcela 1 fue la que más kilogramos de fruta produjo (6682,94 kg) (ver figura 34). En la figura 35 se presenta la cantidad en kg de fruta cosechada por la cantidad de plantas en cada subparcela, en ella se evidencia que la SP3 es la de mayor índice de producción por planta sembrada (1,00 kg/planta); en contraste con la SP4, que tiene la menor productividad por planta (0,69 kg/planta).

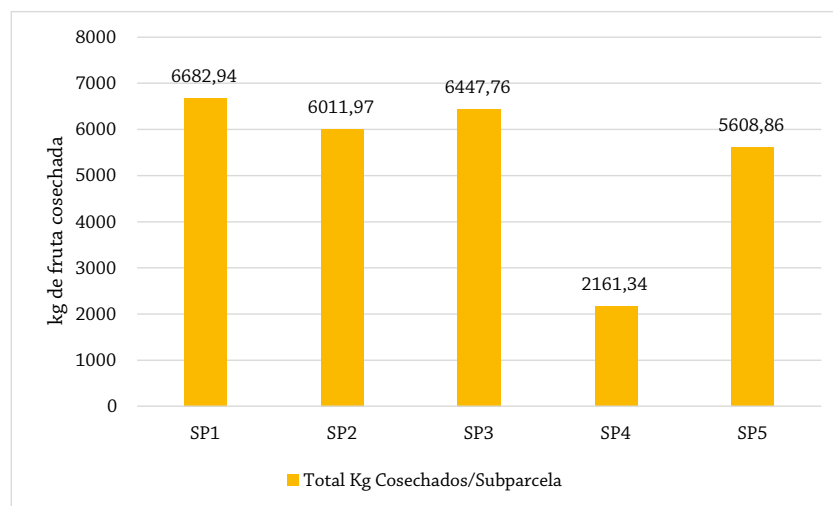


Figura 34. kg de fruta cosechados por subparcela

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2020).

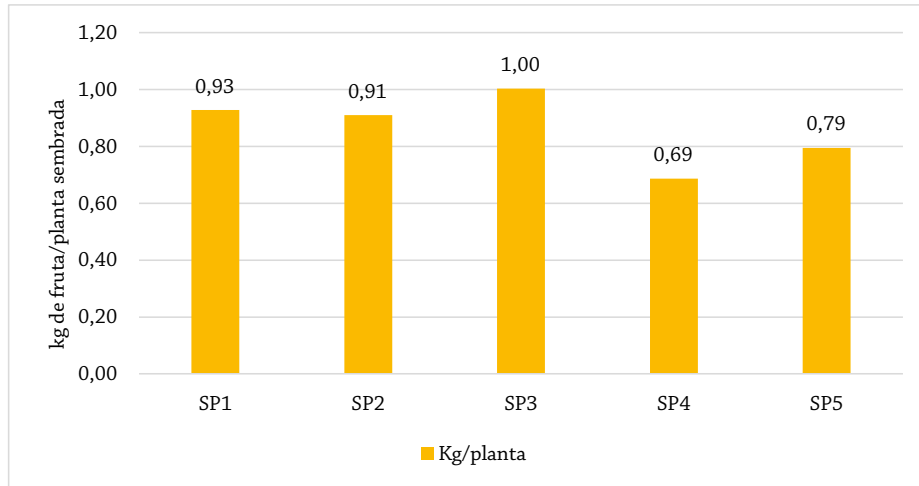


Figura 35. kg de fruta cosechados por plantas sembradas y subparcela

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2020).

También se destaca la figura 36, en la cual se puede observar la cantidad de fruta en kilogramos que se encuentra en cada categoría de calidad por subparcela. Se puede observar que la SP2 produjo mayor cantidad de fruta en kg en la “categoría de primera” que el resto de las subparcelas, aunque la diferencia no parece ser sustancial con las SP3 y SP5. También se observa que la SP1 es la subparcela que más produjo fruta ubicada en la “categoría de quinta”, es decir, la de menor calidad.

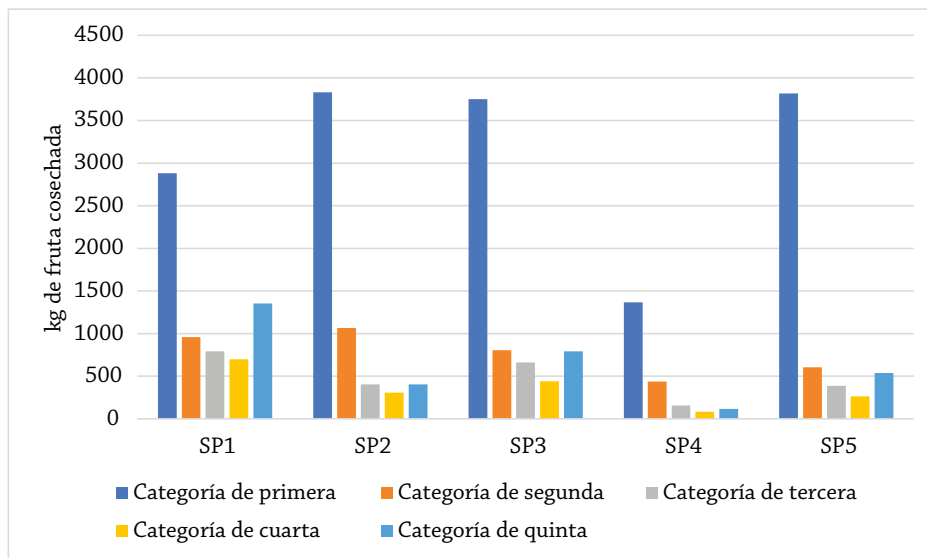


Figura 36. kg de fruta cosechados por categoría de calidad y por subparcela

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y M. Quintero (2020).



Figura 37. Registro fotográfico de las actividades realizadas en la primera cosecha de piña MD2
Fuente: J. Canacuan (2020).

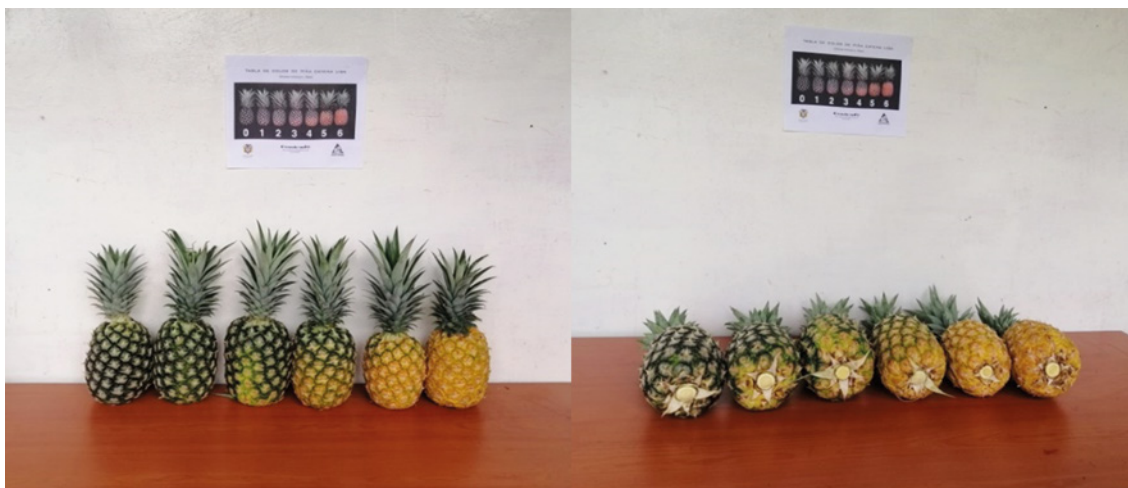


Figura 38. Escala de grados de maduración fisiológica de los frutos de piña MD2
Fuente: J. Canacuan (2020).

6.4 Evaluación de la parcela demostrativa de piña MD2: segunda cosecha

La preparación de la parcela demostrativa para la segunda cosecha se inició con monitoreos semanales para seleccionar las plantas que continuarían en el proceso productivo.



6.4.1 Materiales y métodos

6.4.1.1 Implementación de las tecnologías de innovación

Estación meteorológica

Se realizó el monitoreo de las variables climáticas con los parámetros obtenidos en la estación meteorológica “LynkBOX Meteo Plus”, que posee un panel solar 10 W, sensores para monitorear temperatura y humedad relativa, pluviómetro, sensor de radiación solar, sensor de velocidad y dirección del viento, evapotranspiración y presión de vapor calculadas, entre otras variables de utilidad para tomar decisiones en el manejo agronómico del cultivo. La estación permite obtener datos consolidados por día, semana y mes, así como promedios anuales de las diferentes variables monitoreadas.

Sistema de riego de alta frecuencia

El sistema de riego por goteo instalado en la primera cosecha se continuó utilizando para la evaluación del segundo ciclo productivo, el cual cuenta con módulos individuales para cada subparcela, suministrando agua directamente al sistema radical por medio de emisores de alta frecuencia auto compensados. La aplicación del riego por goteo se realiza teniendo en cuenta las variables de precipitación y evapotranspiración referenciadas por la estación meteorológica. La necesidad hídrica se estima con una evapotranspiración real (ETc) de 2,3 mm/día para aplicar una lámina neta de 18 mm cada 7 días.

Sistema de fertirriego

En el caso del sistema de fertirriego aplicado en la subparcela 2, ocurrió lo mismo que en el caso anterior, es decir, se continuó usando el mismo sistema que en la primera cosecha. Este está calculado para 6828 plantas de piña MD2.

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) en segunda cosecha

Se realizaron jornadas de monitoreo fitosanitario con el objetivo de evaluar la incidencia y severidad de enfermedades, así como la presencia de plagas, para decidir sobre la implementación del programa MIPE. De acuerdo con el resultado de los monitoreos, se realizó el manejo biológico cuando la presencia de insectos-plagas y la incidencia de enfermedades era baja. Las aplicaciones químicas se realizaron solo cuando se alcanzaba el nivel de daño económico. Se aplicaron coadyuvantes para aumentar la eficiencia y aprovechamiento de los productos. En las tablas 27 y 28, se presenta los insumos aplicados.



Tabla 27. Manejo de plagas en la parcela demostrativa

Plaga	Insumos Aplicados
Cochinilla harinosa (<i>Dysmicoccus</i> sp)	Aplicación de <i>Beauveria bassiana</i> , dosis de 200 g/200 l de agua. Aplicación de <i>Metarhizium anisopliae</i> , dosis de 200 g/200 l de agua. Aplicación de Clorpirifos (Lorsban), dosis de 250 ml/200 l de agua. Aplicación de Malathion (Malathion), dosis de 250 ml/200 l de agua.
Sinfilidos (<i>Hanseniella</i> sp, <i>Scutigera</i> sp, <i>Symphylella</i> sp)	Aplicación de Fungiplant (<i>Nomuraea</i> sp., <i>Beauveria</i> sp., <i>Paecilomyces</i> sp., <i>Metarhizium</i> sp., <i>Lecanicillium</i> sp.), dosis de 200 g/200 l de agua. Aplicación de Clorpirifos (Lorsban), dosis de 250 ml/200 l de agua.
Barrenador del fruto o Thecla (<i>Strymon basilides</i>)	Aplicación de <i>Bacillus thuringiensis</i> , dosis de 200 g/200 l de agua Aplicación de Carbamato (Sevin), dosis de 500 g/200 l de agua. Aplicación de Organofosforado (Malathion), dosis de 300 ml/200 l de agua.
Nemátodos (<i>Meloidogyne</i> , <i>Rotylenchulus</i> , <i>Helicotylenchus</i> , <i>Pratylenchus</i> y <i>Criconemoides</i>)	Aplicación mezcla de <i>Trichoderma</i> sp, dosis de 300 g/200 l de agua; <i>Bacillus subtilis</i> , dosis de 200 ml/200 l de agua; melaza, dosis de 1 kg/200 l de agua.

Fuente: R. Saavedra y M. Quintero (2020).

Tabla 28. Manejo de plagas en la parcela demostrativa

Enfermedad	Insumos Aplicados
Pudrición del corazón y raíz (<i>Phytophthora</i> sp.)	Aplicación mezcla de <i>Trichoderma</i> sp, dosis de 300 g/200 l de agua; <i>Bacillus subtilis</i> , dosis de 200 ml/200 l de agua; melaza, dosis de 1 kg/200 l de agua. Aplicación de Multibiol, dosis de 1 l/200 l de agua. Aplicación de Metalaxil (Ridomil), dosis de 500 g/200 l de agua y Fosetil-Al (Aliette), dosis de 600 g/200 l de agua. Aplicación de Forum (Dimetomorph), dosis de 120 g/200 l de agua.
Pudrición radical o Fusariosis (<i>Fusarium</i> sp.)	Aplicación de Prochloraz (Mirage), dosis de 160 ml/200 l de agua.

Fuente: R. Saavedra y M. Quintero (2020).

6.4.1.2 Diseño experimental

Se estableció un diseño de bloques, completamente al azar, con 5 tratamiento y 3 repeticiones. Los análisis descriptivos, análisis de varianza (Anova) y la separación de medias con la prueba de comparación múltiple LSD (Least significant difference) se realizaron con el *software* estadístico R 4.03 mediante las librerías *ggplot2*, *agricolae* y *plotly*.



$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases}$$

Efecto del nivel i-esimo del factor
Efecto del nivel j-esimo del factor bloque

$$Var(Total) = Var(Tratamiento) + Var(Bloque) + Var(Error)$$

Planteamiento de Hipótesis :

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \dots = \tau_a = 0 \quad \text{vs} \quad H_a : \tau_i \neq 0 \text{ para algún } i$$

Figura 39. Variabilidad total como sumatoria de la variabilidad de los tratamientos, bloques y errores experimentales

Fuente: (Montgomery, 2004).

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F ₀
Tratamientos	a - 1	SC _{Tratamientos}	CM _{Trat} = $\frac{SC_{Trat}}{a - 1}$	F ₀ = $\frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$
Bloques	b - 1	SC _{Bloques}	CM _{Bloque} = $\frac{SC_{Bloque}}{b - 1}$	F ₀ = $\frac{CM_{Bloque}}{CM_{Error}}$
Error	(a - 1)(b - 1)	SC _{Error}	CM _{Error} = $\frac{SC_{Error}}{(a - 1)(b - 1)}$	
Total	N - 1	SC _{Total}		

Figura 40. Análisis de varianza para el modelo de un solo factor con bloques

Fuente: (Montgomery, 2004).

6.4.1.3 Preparación de plantas para segunda cosecha

Toma de muestras de suelo para análisis fisicoquímicos

De cada subparcela se tomaron 3 submuestras de suelo, que luego se mezclaron y homogenizaron para obtener una muestra representativa. Cada submuestra se tomó con un anillo de PVC de 10 cm de diámetro, a una profundidad de 15 cm y en la parte central de las camas en las hileras de cada surco doble. De cada subparcela, se recolectó un kilo de suelo, el cual se colocó en bolsas plásticas debidamente rotuladas para enviarlas al laboratorio para los respectivos análisis. Esta actividad se realizó en la segunda semana de 2020.



Cosecha y recolección de colinos basales y axilares

Después de cosechar la fruta, se procedió a extraer de la planta todos los colinos basales y axilares (ver figura 41), los cuales fueron retirados de la parcela demostrativa para utilizarlos en nuevas siembras (ver figura 42).



Figura 41. Cosecha y recolección de colinos

Fuente: J. Canacuan (2020).



Figura 42. Recolección y retiro de colinos de la parcela demostrativa

Fuente: J. Canacuan (2020).

Poda de plantas

La primera poda se realizó inmediatamente después de la recolección y retiro de los colinos del lote. Se hizo despunte de la copa entre 20 y 30 cm y un corte lateral entre 50 y 60 cm para despejar las calles, proporcionar mayor luminosidad, homogenizar y estimular el crecimiento y desarrollo de los nuevos colinos axilares (ver figura 43).



Figura 43. Poda lateral para segunda cosecha

Fuente: J. Canacuan (2020).

Selección de colinos axilares para segunda cosecha

Entre treinta y cuarenta días después de la poda, se seleccionó un solo colino axilar por planta para la segunda cosecha, teniendo en cuenta los siguientes criterios de selección:

- Axilar con dirección al centro del surco y distancia más corta con respecto a la base de la planta.
- Buen desarrollo, sin ninguna deformación por daños físicos o fisiológicos.
- Libre de plagas y enfermedades.
- Peso promedio entre 300-400 g.

Manejo del volcamiento de plantas

Se implementó el encajonamiento de las plantas con el fin de evitar su volcamiento por el peso del fruto. Para esta práctica, se definió el siguiente protocolo: extender y amarrar una fibra de polipropileno en los laterales de cada surco y entre las plantas para formar un tipo de encajonamiento a la altura media de la planta, que permitiera sostener y mantener los colinos en posición vertical durante el manejo del cultivo y cosecha de la fruta. Esta práctica se realizó en las áreas con mayor pendiente, pues son las más vulnerables al volcamiento (ver figura 44).

6.4.1.4 Manejo cultural de la parcela demostrativa

Se realizaron mantenimientos periódicos a los drenajes internos y externos, incluyendo retiro de material vegetal y sedimentos acumulados por el arrastre de las aguas lluvias (ver figura 45). Además, se eliminaron arvenses en los bordes del lote para prevenir problemas de *Thecla*, ya que pueden ser hospederas de esta plaga. También se instaló un pediluvio en



la entrada de la parcela demostrativa para la desinfección del calzado de todo el personal que ingrese a la parcela.



Figura 44. Actividad de encajonamiento de las plantas de piña MD2

Fuente: J. Canacuan (2020).



Figura 45. A) Mantenimiento drenajes en la parcela demostrativa. B) Construcción de nuevos drenajes en la parcela demostrativa

Fuente: J. Canacuan (2020).

6.4.1.5 Manejo de arvenses

Después de la primera cosecha, el cultivo presentó proliferación de arvenses con crecimiento avanzado en las calles; algunas de tallo voluble presentaron crecimiento sobre las



Figura 46. Actividad de deshierbe manual

Fuente: J. Canacuan (2020).

plantas de piña. Por esta razón, el manejo de arvenses para la segunda cosecha se inició de forma manual en las 5 subparcelas (ver figura 46). Esta actividad se realizó en la tercera semana de abril de 2020 y se programaron aplicaciones de herbicidas selectivos veinte días después para controlar la germinación de nuevas arvenses.

6.4.1.6 Plan de fertilización foliar para segunda cosecha

Se continuó con el plan de fertilización de acuerdo con los resultados de los análisis de suelo realizado antes del establecimiento del cultivo. La primera aplicación foliar para la segunda cosecha se realizó el día 20 de abril de 2020 y se programaron aplicaciones cada 15 días durante 6 meses (180 días) (ver tablas 29 y 30). Las fertilizaciones foliares se hicieron sobre el cogollo con bomba estacionaria (ver figura 47). Se recomendó cambiar urea por nitrato de amonio, con el fin de mejorar la calidad del fruto y la producción. Se realizaron 4 fertilizaciones postinducción con potasio, calcio, boro y magnesio cada 10 días.

Se continuó con el plan de fertilización de acuerdo con los resultados de los análisis de suelo realizado antes del establecimiento del cultivo. La primera aplicación foliar para la segunda cosecha se realizó el día 20 de abril de 2020 y se programaron aplicaciones cada 15 días durante 6 meses (180 días) (ver tablas 29 y 30). Las fertilizaciones foliares se hicieron sobre el cogollo con bomba estacionaria (ver figura 47). Se recomendó cambiar urea por nitrato de amonio, con el fin de mejorar la calidad del fruto y la producción. Se realizaron 4 fertilizaciones postinducción con potasio, calcio, boro y magnesio cada 10 días.

Tabla 29. Insumos y dosis para fertilización foliar en las subparcelas 1, 3, 4 y 5, para un total de 11 aplicaciones (la dosis se ajustó a 200 l)

Producto	Dosis/200 l
Urea	7 kg
MAP	3,5 kg
Sulfato de magnesio (MgSO ₄)	3,2 kg
Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	7,5 kg
Sulfato de zinc (ZnSO ₄)	200 g
Sulfato de hierro (FeSO ₄)	180 g
Nitrato de calcio	200 g
Bórax	200 g
Lorsban	250 ml
Ácido cítrico	60 ml

*Aplicar Lorsban cada mes con la fertilización foliar para control de cochinilla y sinfilidos.

* Borax y zinc no se aplican simultáneamente, se alternan, pues son incompatibles.

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y J. Canacuan (2020).



Tabla 30. Plan de fertilización en postinducción (la dosis ajustada a 200 l)

Producto	Aplicación 12 a 15
Sulfato de magnesio ($MgSO_4$)	2 kg
Sulfato de potasio (K_2SO_4)	2 kg
Quelato de calcio	300 g
Ácido bórico	200 ml
Lorsban	250 ml

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y J. Canacuan (2020).



Figura 47. A) Fertilización foliar con bomba estacionaria en la parcela demostrativa de piña MD2. B) Preparación de los insumos para aplicar la fertilización foliar

Fuente: J. Canacuan (2020).

6.4.1.7 Plan de fertirriego para segunda cosecha

En segunda cosecha, se aplicaron insumos de alta solubilidad, específicamente formulados para este tipo de sistema, con el fin de evitar precipitaciones y taponamiento de los filtros, mangueras y emisores. Se realizaron aplicaciones cada 15 días con los insumos descritos en la tabla 31 y con los insumos de la tabla 32 tras la inducción floral.



Tabla 31. Insumos y dosis utilizados para fertirriego en la subparcela 2, para un total de 11 aplicaciones

Insumo	Dosis/200 l
Nitropiñero	1,5 l
Campofert nk	2 kg
Campofos	0,5 kg
Quelato de magnesio	100 g
Quelato de zinc	100 g
Quelato de hierro	50 g
Quelato de boro	150 g
Lorsban	300 ml

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y J. Canacuan (2020).

Tabla 32. Plan de fertirriego en posinducción subparcela 2, 4 aplicaciones cada 10 días

Producto	Dosis/200 l
Quelato de magnesio	300 g
Campofert nk	2 kg
Quelato de calcio	300 g
Quelato de boro	200 g
Lorsban	250 ml

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y J. Canacuan (2020).

6.4.1.8 Monitoreo de floración natural en segunda cosecha

Se realizaron monitoreos mensuales en cada subparcela con el fin de identificar el momento en que la floración natural llega al 30 % para, entonces, realizar la inducción floral.

Inducción floral segunda cosecha

La inducción floral se realizó cuando la floración natural alcanzó un 24 % y el peso promedio de los colinos de segunda cosecha estuvo entre 1,7 y 2,0 kg. La inducción se realizó con Ethrel (300 ml) + urea (5 kg) por caneca de 200 l. Para mayor efectividad de la aplicación, se utilizaron bombas de espalda y se aplicó el producto por la mañana.

6.4.1.9 Monitoreo de floración inducida segunda cosecha

Se realizaron monitoreos cada 15 días para estimar la floración de segunda cosecha y se referenciaron las plantas con inflorescencia como inicio de la etapa reproductiva.



6.4.1.10 Manejo de plantas con problemas fisiológicos

Uno de los problemas observados durante la primera cosecha de la parcela demostrativa fue la deformación de los frutos, bien por crecimiento exagerado de la corona bien porque el fruto tenía forma de tusa. Estos frutos fueron eliminados o descartados para su comercialización. Durante el ciclo de la segunda cosecha de la parcela demostrativa, se eliminaron las plantas que presentaron ese tipo de problemas. Asimismo, se realizaron actividades como deshierba y poda.

6.4.1.11 Monitoreo del volcamiento de plantas segunda cosecha

Se realizaron monitoreos mensuales durante la etapa reproductiva para estimar la cantidad de plantas con volcamiento y, así, establecer el nivel de pérdidas por este factor.

6.4.1.12 Cosecha

Se realizó cosecha de frutos procedentes tanto de floración natural como de floración inducida. Para realizar esta actividad, se desarrolló un protocolo de cosecha para facilitar la recolección de datos y posterior análisis.

Cosecha floración natural

Entre noviembre de 2020 y febrero de 2021 se realizó la cosecha de la fruta procedente de la floración natural en todas las subparcelas. Se registró la información de número, clasificación y peso de los frutos por subparcela.

Segunda cosecha, floración inducida

Entre marzo y abril de 2021, se realizó la cosecha de los frutos procedentes de la floración inducida. Se registró información de número, clasificación y peso de los frutos por subparcela.

6.4.1.13 Poscosecha

Construcción del centro de acopio

Entre marzo y junio de 2021, se construyó el centro de acopio para el manejo postcosecha de la piña MD2. Si bien se identificaron puntos susceptibles de mejora, el diseño de la estructura se basó en la forma tradicional del manejo postcosecha en zona de ladera. Se observó que los agricultores de la zona, así como de otras regiones, no manejaban de manera adecuada la fruta en postcosecha, ocasionando pérdida de frutos. Los productores realizan la postcosecha en espacios abiertos, en los que la fruta está expuesta a los rayos



del sol y en contacto directo con el suelo, causando daños físicos que disminuyen la calidad del fruto, lo que provoca el rechazo en la comercialización. El diagnóstico permitió la construcción de un centro de acopio bajo techo y el desarrollo de una propuesta de construcción de cajones forrados con espuma para amortiguar los daños físicos de la fruta en el momento de depositarla y manipularla. Finalmente, se pretendió que el centro de acopio sirva como modelo para que otros productores lo repliquen en sus fincas. Asimismo, se propuso realizar ajustes constantes para el mejoramiento de sus características.

El diseño definido para el centro de acopio constó de 3 áreas principales:

- Área de recepción de la fruta que llega del campo (ver figura 48A): dividida en 5 subáreas conformadas por cajones de madera en los que se deposita la fruta en forma separada por subparcela.
- Área de clasificación por categorías, pesaje y prueba de translucidez (ver figura 48B): dividida en 5 subáreas conformadas por cajones de madera, en los cuales se realizaba la clasificación de la fruta de cada subparcela por categorías (ver tabla 33). En esta área también se realiza el conteo, pesaje y prueba de translucidez de la fruta.
- Área de despacho o punto de carga (ver figura 49B): compuesta por una plataforma construida con estibas, en la cual se dispone la fruta contada y pesada. En este punto, la fruta se clasifica por categorías en canastillas o a granel, según el cliente lo solicite.



Figura 48. A) Área de recepción de la fruta en el centro de acopio. B) Área de clasificación de la fruta en el centro de acopio

Fuente: J. Canacuan (2020).



Tabla 33. Clasificación de la fruta cosechada

Clasificación de la fruta	Descripción
Primera	Mayor o igual a 1,5 kg
Segunda	Mayor o igual a 1,4 kg
Tercera	Mayor o igual a 1,3 kg
Cuarta	Mayor o igual a 1,2 kg
Quinta	Mayor o igual a 1,1 kg

Fuente: R. Saavedra, H. Vásquez y J. Canacuan (2020).



Figura 49. A) Traslado de la fruta del campo al centro de acopio. B) Área de despacho de fruta en el centro de acopio

Fuente: J. Canacuan (2021).

Protocolo para cosecha y poscosecha de la fruta

Con el propósito de recolectar la información necesaria para cumplir con los objetivos del proyecto, se definió un protocolo para cosecha y poscosecha de la fruta de la parcela demostrativa de piña MD2 (J. Canacuan, 2021):

- I. **Recolección:** la actividad de cosecha inicia con la recolección de la fruta en campo por parte de los operarios de campo. Inicialmente, la piña madura se cosecha, se dispone en los canastos piñeros y se transportan hasta el centro de acopio. Esta actividad se realizó de manera independiente por subparcela.
- II. **Recepción:** la fruta se recibe en el “área de recepción” del centro de acopio, en la que los frutos se pesan por subparcela.
- III. **Clasificación y registro:** en esta área se organiza la fruta en cajones por categoría



según el peso (ver tabla 33). Una vez las piñas de cada subparcela están en su correspondiente cajón, pasan a la prueba de análisis de calidad, en el que se miden los °Bx y la translucidez.

- IV. Embalaje: una vez clasificada la piña, se dispone en canastillas según la categoría y se lleva al área de despacho a espera del transporte para ser comercializada.
- V. Transporte: una vez se realiza todo el protocolo, el agricultor entrega la fruta para ser enviada al punto de comercialización.

Evaluación de la calidad del fruto

El análisis de calidad de la fruta se realizó con 5 piñas por subparcela. El primer factor evaluado fue la translucidez, desorden fisiológico en el que las paredes celulares de la fruta se rompen por deficiencia de calcio y el líquido es almacenado entre los espacios intercelulares. Este desorden está asociado con frutos frágiles, sobremaduros y fermentados, asimismo favorece la presencia de bacterias y de ácido acético alrededor del fruto. La forma de evaluación es mediante la prueba del tanque de agua, ya que esta técnica permite determinar cuáles frutos presentan el desorden. Los frutos se sumergen en el tanque y si flotan, es porque no presentan translucidez. En el caso contrario, se considera fruta translúcida y de mala calidad. Además, a los frutos se les evalúan los °Bx, los cuales deben estar entre 14 y 17°, rango en el cual se considera que el fruto tiene un buen contenido de azúcares.

6.4.2 Resultados

6.4.2.1 Monitoreo de variables climáticas

La estación meteorológica permitió monitorear variables de importancia relacionadas con los procesos fisiológicos del cultivo, así como prácticas agronómicas durante la segunda cosecha. Se tuvieron en cuenta, principalmente, variables como temperatura, precipitación, evapotranspiración, radiación solar, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento, entre otras (ver figura 50).

Precipitación vs. evapotranspiración

Durante el período entre julio de 2020 y mayo de 2021, la precipitación máxima registrada por la estación fue de 63,49 mm; la evapotranspiración máxima y mínima registradas fueron de 4,77 y 0,69 mm, respectivamente (ver figura 51). Para este mismo período, la evapotranspiración media fue de 3,12 mm. Además, la estación permitió establecer un exceso hídrico de 90,81 mm, por lo cual no fue necesario realizar aplicaciones constantes de agua con el sistema de riego. En los períodos de mayor precipitación, se adecuaron los drenajes para evitar encharcamientos en la parcela demostrativa y prevenir afectación por enfermedades.



Figura 50. Registro y visualización de algunas variables climáticas monitoreadas por la estación meteorológica

Fuente: App Lynks (2021).

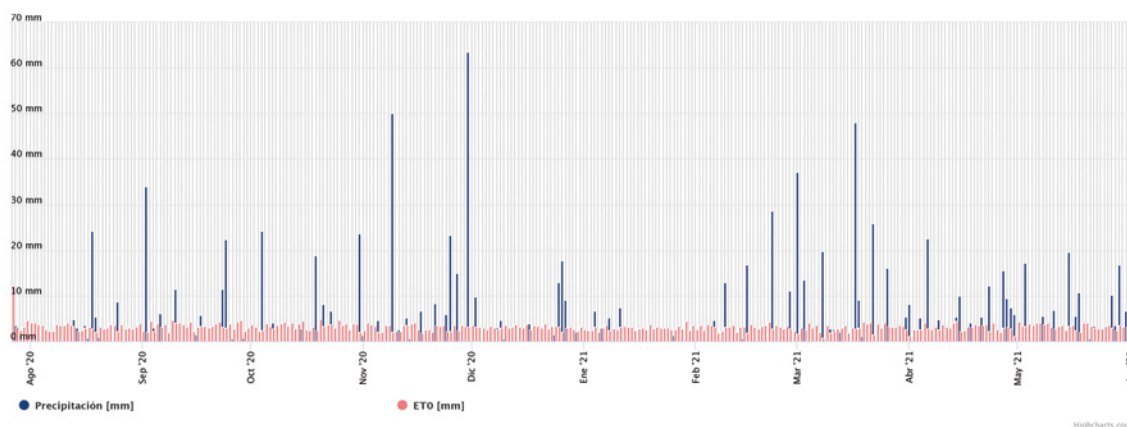


Figura 51. Registro y visualización de precipitación y evapotranspiración monitoreadas por la estación meteorológica

Fuente: App Lynks (2021).

Temperatura

Durante el período comprendido entre julio de 2020 y mayo de 2021, la temperatura promedio se estableció entre 20,59 y 27,53 °C. Las temperaturas mínima y máxima se registraron en mayo de 2021 con 15,50 °C y 42,80 °C, respectivamente (ver figura 52). Cuando se presentaron altas temperaturas, el golpe de sol en el fruto se contrarrestó con la aplicación de productos protectantes.

Humedad relativa

Entre julio de 2020 y mayo de 2021, la humedad relativa promedio varió entre 64,30 y 89,10 %; la humedad relativa máxima fue de 93,10 %, registrada en septiembre de 2020, mientras que la humedad relativa mínima fue de 21,90 %, en agosto de 2020 (ver figura 53).

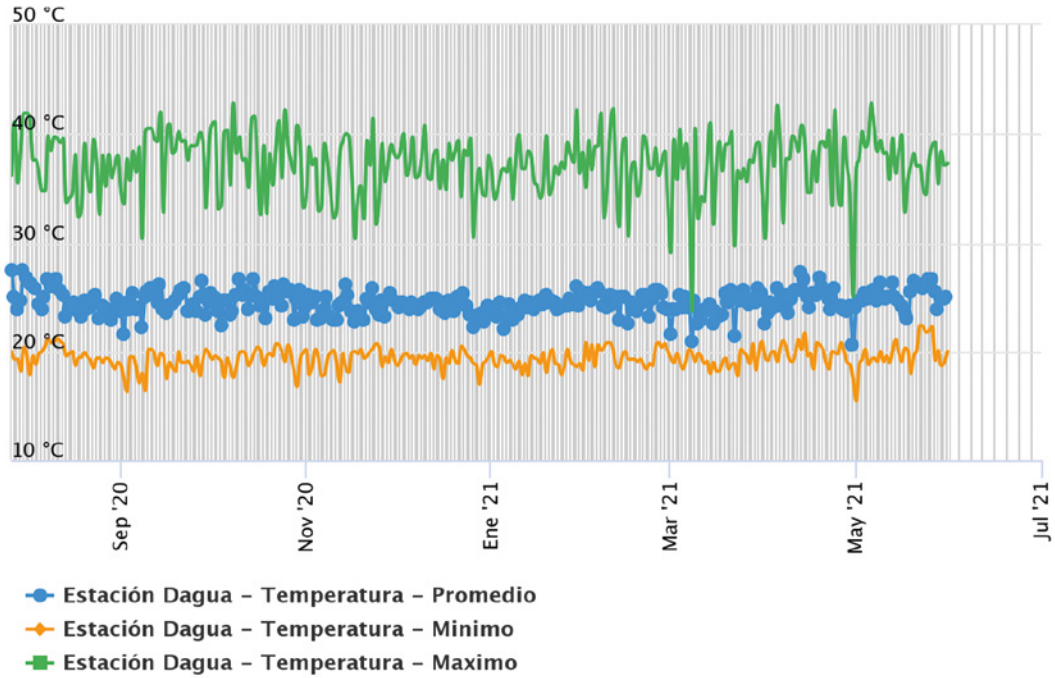


Figura 52. Registro y visualización de la temperatura diaria mínima, máxima y promedio durante el período comprendido entre julio de 2020 y mayo de 2021

Fuente: App Lynks (2021).

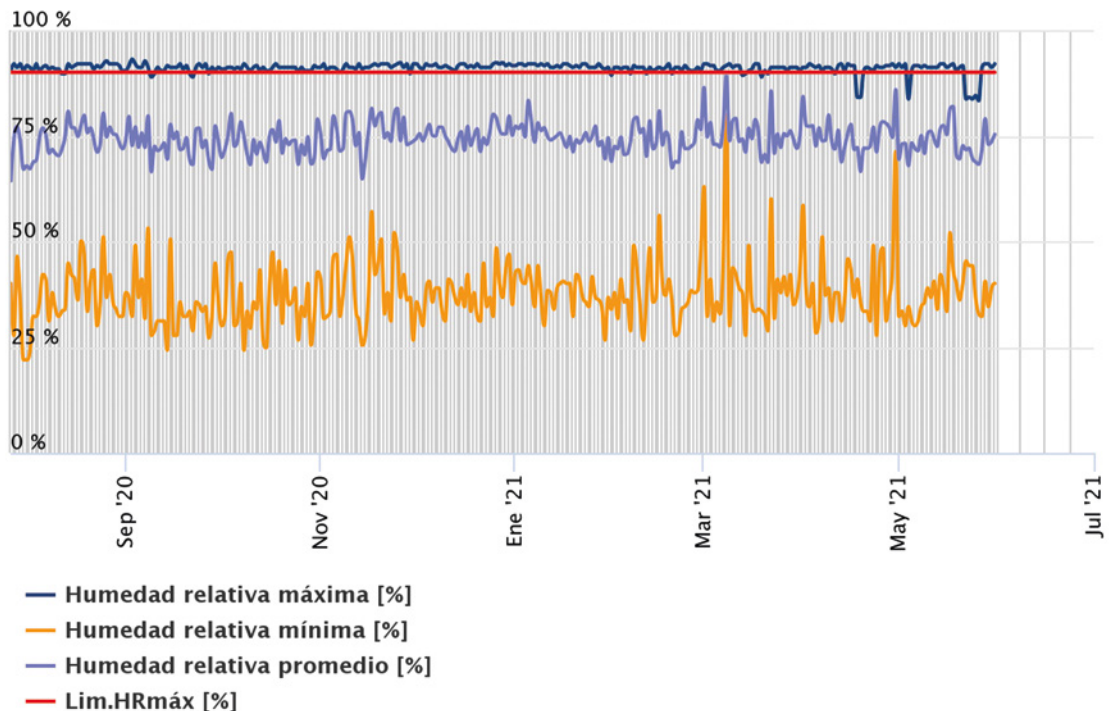


Figura 53. Registro y visualización de la humedad relativa mínima, máxima y promedio durante el período comprendido entre julio de 2020 y mayo de 2021

Fuente: App Lynks (2021).



6.4.2.2 Análisis de suelos

Los resultados de los análisis de suelos realizados para ajustar el plan de fertilización de la parcela demostrativa durante la segunda cosecha se muestran en la tabla 34. Se observaron algunos cambios con respecto al análisis realizado para primera cosecha, por ejemplo, el aumento de carbono orgánico (C. O.), materia orgánica (M. O.) y fósforo.

Tabla 34. Análisis de suelo realizado en la parcela demostrativa para segunda cosecha

Parámetro	Unidad de medida	Valor	Calificación
pH	De 1 a 14	5,60	Ácido
C. O.	%	2,40	Adecuado
M. O.	%	4,10	Adecuado
Fósforo	mg/kg	10,40	Bajo
Potasio	meq/100 gr	0,17	Muy bajo
Calcio	meq/100 gr	6,95	Adecuado
Magnesio	meq/100 gr	2,51	Adecuado
Zinc	mg/kg	2,80	Adecuado
Boro	mg/kg	0,02	Bajo
Hierro	mg/kg	94,80	Adecuado
Manganeso	mg/kg	25,40	Adecuado
Azufre	mg/kg	11,60	Bajo
Cobre	mg/kg	4,84	Adecuado

Fuente: R. Saavedra y J. Canacuan (2021).

6.4.2.3 Monitoreo y manejo de floración natural segunda cosecha

Durante la segunda cosecha, se presentó un alto porcentaje de plantas con floración natural. El monitoreo registrado en la tabla 35 muestra que la floración natural pasó de un 18 % a un 24 % entre agosto y septiembre de 2020. Las subparcelas que presentaron mayor floración natural fueron la 1, la 3 y la 5. El peso promedio de los colinos para la segunda cosecha se estimó entre 1,6 kg y 1,8 kg, y el peso de la planta completa, entre 2,5 y 5 kg.

Tabla 35. Monitoreo floración natural en cada una de las subparcelas de la parcela demostrativa del cultivo de piña

Subparcela	Número plantas	Plantas floración natural	Plantas floración natural (%)	Floración natural general (%)
1	7203	2521	34,90	23,40
2	6828	670	9,80	
3	6430	2129	33,00	
4	3388	145	4,30	
5	7058	1788	25,00	

Fuente: R. Saavedra, J. Canacuan (2021).



6.4.2.4 Monitoreo de plagas y enfermedades

El mayor problema fitosanitario que se registró en la parcela demostrativa fue causado por *Phytophthora* sp. Se realizaron labores de erradicación de los focos con el objetivo de evitar la diseminación de la enfermedad (ver figura 54). Durante esta actividad, se usaron tanques plásticos para depositar las plantas enfermas para retirarlas de la parcela. Posteriormente, se realizó una aplicación con fungicidas químicos para proteger el cultivo con diferentes ingredientes activos para evitar que el patógeno adquiriera resistencia.



Figura 54. Planta de piña MD2 afectada por *Phytophthora* sp.

Fuente: J. Canacuan (2021).

A continuación, se relaciona el resultado del monitoreo fitosanitario consolidado durante la segunda cosecha (ver tabla 36). Se observó que la subparcela 5 fue la más afectada y la subparcela 2 la que registró menos incidencia. La severidad de la enfermedad fue similar en todas las subparcelas.

Tabla 36. Monitoreo fitosanitario de *Phytophthora* sp. realizado en las subparcelas de piña MD2 durante segunda cosecha

Subparcela	Plantas monitoreadas	Plantas afectadas	Incidencia (%)	Calificación incidencia	Severidad (%)
1	7203	368	5,11	Media	70
2	6828	67	0,98	Muy baja	70
3	6430	249	3,87	Baja	70
4	3388	57	1,68	Muy baja	70
5	7058	464	6,57	Media	70

Fuente: R. Saavedra, J. Canacuan (2021).



En cuanto a plagas, se realizaron monitoreos del daño de Tecla en frutos cosechados, lo que permitió establecer que la subparcela 1 y la subparcela 4 fueron las de mayor y menor porcentaje de fruta afectada, respectivamente (ver tabla 37).

Tabla 37. Monitoreo fitosanitario de Thecla realizado en la parcela demostrativa del cultivo de piña MD2 durante segunda cosecha

Subparcela	Fruta monitoreada por subparcela	Fruta afectada por subparcela	% de daño por subparcela
1	6184	47	0,76
2	5803	20	0,34
3	5227	23	0,44
4	2842	6	0,21
5	5276	20	0,38

Fuente: R. Saavedra y J. Canacuan (2021).

6.4.2.5 Monitoreo de pérdidas de plantas y frutos por factores abióticos

Monitoreo de pérdida de plantas por volcamiento

Se monitoreó la pérdida de plantas a causa del volcamiento, lo que permitió observar que la subparcela 3 fue la de mayor porcentaje de pérdida de plantas por este motivo. Asimismo, se observó que la menor pérdida registrada por esta causa se dio en la subparcela 2 (ver tabla 38). En todas las subparcelas, se realizó el encajonamiento, por lo que el resultado registrado no permite establecer en qué porcentaje se podría reducir la pérdida por volcamiento si se compara con plantas sin encajonamiento. Aun así, las pérdidas por volcamiento registradas se disminuyeron en todas las parcelas, lo que evidencia la efectividad de la práctica.

Tabla 38. Monitoreo de pérdida de plantas por volcamiento durante la segunda cosecha

Subparcela	Plantas monitoreadas	Plantas con volcamiento	Pérdida (%)
1	7203	430	5,97
2	6828	186	2,72
3	6430	480	7,47
4	3388	130	3,84
5	7058	340	4,82

Fuente: R. Saavedra y J. Canacuan (2021).



Monitoreo de pérdida de frutas por granizo

Durante marzo de 2021, se realizó un monitoreo para evaluar el porcentaje de pérdida de frutas a causa de granizo. Este permitió evidenciar que este fenómeno climático causó un 8,25 % de pérdidas de fruta en toda la parcela demostrativa (ver tabla 39).

Tabla 39. Resultados del monitoreo de pérdida de frutas causada por granizadas durante la segunda cosecha

Parcela	Frutas afectadas	Plantas totales	Perdida (%)
Parcela demostrativa	2550	30.907	8,25

Fuente: R. Saavedra y J. Canacuan (2021).

6.4.2.6 Monitoreo de la floración inducida en segunda cosecha

Los resultados del monitoreo realizado para la evaluación de la floración inducida en cada una de las subparcelas mostraron que la subparcela 4 fue la que mayor porcentaje presentó en el momento del monitoreo (87,04 %), mientras que la subparcela 3 fue la de menor porcentaje (35,37 %). El porcentaje total de floración inducida en la parcela demostrativa fue del 57,55 % (ver tabla 40).

Tabla 40. Resultado del monitoreo de la floración inducida durante la segunda cosecha (realizado en diciembre de 2020)

Subparcela	Plantas monitoreadas	Plantas con floración inducida	Plantas que presentan floración (%)
1	7371	3470	47,08
2	6828	4494	65,82
3	6430	2274	35,37
4	3147	2739	87,04
5	7058	4767	67,54

Fuente: R. Saavedra y J. Canacuan (2021).

6.4.2.7 Segunda cosecha. Floración inducida

Como se observa en la tabla 41, la subparcela 5 registró la mayor cantidad de kilogramos de fruta cosechada, seguida por las subparcelas 2, 1, 3 y 4. Sin embargo, dado que el número de plantas cosechadas en cada subparcela fue diferente, el indicador seleccionado para establecer la parcela con mayor rendimiento fue la cantidad de fruta cosechada en kilogramos sobre el número de plantas cosechadas. En este sentido, la subparcela con el mayor rendimiento por planta fue la 3, con 1,56 kg, seguida por las subparcelas 2, 5, 1 y 4. En la parcela demostrativa se cosecharon 28.124 plantas, las cuales produjeron 41.738 kg, por lo que el rendimiento promedio/planta fue de 1,48 kg (ver figuras 55 y 56).



Tabla 41. Rendimiento por planta en la segunda cosecha por subparcela

Concepto	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	Total/ Promedio
Plantas cosechadas	6554	6213	5851	3083	6423	28.124
kg producidos	9299,40	9423,88	9141,73	4303,11	9570,27	41.738,39
Rendimiento/planta	1,42	1,52	1,56	1,40	1,49	1,48

Fuente: R. Saavedra y J. Canacuan (2021).

Al comparar los rendimientos/ha de la primera con los de segunda cosecha, se observó que todos los tratamientos pueden considerarse como promisorios y sus valores podrían incrementarse, puesto que el rendimiento esperado en la segunda cosecha es, por lo general, entre 20 y 30 % menor que el obtenido en la primera cosecha (Rebolledo *et al.*, 1998). En este caso, el rendimiento de la segunda cosecha fue superior en un 70 % al la primera cosecha.



Figura 55. A) Cosecha de las parcelas demostrativas. B) Traslado de la fruta al centro de acopio

Fuente: J. Canacuan (2021).



Figura 56. A) Pesaje de la fruta. B) Clasificación de la fruta durante segunda cosecha

Fuente: J. Canacuan (2021).



El análisis estadístico de la información sobre rendimiento en t/ha mostró que, en general, todas las comparaciones entre los tratamientos implementados en las subparcelas no presentaron diferencias significativas a nivel de confianza, que fue del 95 % (ver tabla 42). Sin embargo, con un nivel de confianza del 80 %, las subparcelas 1 y 3, 3 y 4, y 4 y 5 presentaron diferencias entre los rendimientos. En términos de rendimiento promedio por planta durante la segunda cosecha (ver tabla 40), todos los tratamientos fueron sobresalientes, pues la expresión genética del cultivar MD2 varía entre 1,3 y 2,5 kg/planta (Sanewski *et al.*, 2018).

Durante el período de segunda cosecha, el balance hídrico en el suelo presentó un exceso de humedad debido a las constantes precipitaciones, lo que impidió el uso frecuente del sistema de riego y fertirriego en los tratamientos en los que se implementaron estas tecnologías (1, 3 y 4 riego por goteo, 2 riego por goteo y fertirrigación). Adicionalmente, las plantas correspondientes al tratamiento testigo (subparcela 5), que no tuvieron sistema de riego o fertirriego, no se vieron afectadas por un estrés hídrico prolongado. Esta situación causó que los rendimientos obtenidos fueran similares en todos los tratamientos e impidió observar diferencias que posiblemente se podrían haber presentado durante los períodos de bajas precipitaciones o durante la fase cálida del fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (Enos).

Al comparar los rendimientos entre tratamientos, se encontró que el rendimiento de la subparcela con el manejo convencional de plagas y enfermedades fue mayor que la subparcela con manejo integrado (T3 vs. T1); el rendimiento con fertilización foliar fue mayor al de fertirriego (T3 vs. T2); el rendimiento obtenido con el uso de acolchado plástico fue mayor que sin este (T3 vs. T4) y el rendimiento con aplicación de riego por goteo fue mayor que sin ella (T3 vs. T5). En virtud de las comparaciones realizadas y teniendo en cuenta el mayor promedio de rendimiento por hectárea obtenido, se puede inferir que las prácticas del tratamiento 3 serían las más recomendadas para la producción de piña MD2 en la zona de ladera (ver tabla 42).

Tabla 42. Rendimiento por subparcela durante segunda cosecha

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)*
1	78,07 a
2	83,43 a
3	85,97 a
4	76,77 a
5	81,95 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: D. Arango (2021).

La distribución de la fruta cosechada de acuerdo con las categorías de calidad definidas se presenta en la tabla 43. Se destaca que, comparativamente, el mayor porcentaje de fruta



cosechada de primera categoría se dio en la subparcela 5. Producir frutas de alta calidad permite obtener un mayor valor comercial y, por tanto, mejores utilidades.

Tabla 43. Registro de fruta cosechada por subparcela y categoría de la fruta (segunda cosecha)

Subparcela	Distribución por categorías (%)				
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
1	35,0	18,0	12,0	11,0	27,0
2	42,0	13,0	12,0	10,0	21,0
3	49,5	12,6	11,8	8,3	17,7
4	30,5	11,3	13,9	10,0	34,0
5	59,8	11,3	8,4	6,3	14,0

Fuente: J. Canacuan (2021).

6.4.2.8 Calidad y translucidez de la fruta en segunda cosecha

En la evaluación de la calidad de la fruta cosechada se evidenció que hubo 0 % de translucidez en todos los tratamientos (ver figura 57A). Los resultados también evidenciaron un promedio general de 14,35 °Bx en la fruta durante la segunda cosecha, valor que se considera óptimo dentro de los estándares de calidad para la piña MD2 (ver figura 57B). En la tabla 44, se presentan los datos del muestreo de °Bx por subparcela.



Figura 57. A) Prueba de translucidez en el centro de acopio. B) Análisis de °Bx

Fuente: D. J. Guerrero (2021).

El análisis estadístico de la información de °Bx mostró que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, el nivel de confianza fue del 95 %, y que el contenido de °Bx en todos los tratamientos fue mayor que 14. Se tiene en cuenta que en la piña MD2 el contenido de azúcar es muy alto y varía entre 15 y 17 % (Sanewski, Coppens d'Eeckenbrugge y Junghans, 2018). Por lo tanto, todas las prácticas evaluadas pueden ser consideradas como apropiadas para obtener una fruta de buena calidad (ver tabla 44).



Tabla 44. Resultado del muestreo de °Bx en las frutas por subparcela durante segunda cosecha

Subparcela	°Bx*
1	14,80 a
2	14,10 a
3	14,17 a
4	14,60 a
5	14,10 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: D. Arango (2021).

6.5 Conclusiones

Entre las tecnologías implementadas en la parcela demostrativa, la instalación de la estación meteorológica permitió monitorear las variables climáticas para la programación de diferentes actividades en el cultivo, especialmente las relacionadas con el riego y el fertirriego, lo que supuso un avance en el uso eficiente de agroquímicos y del recurso hídrico.

La tecnología implementada en la parcela demostrativa de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), específicamente en la subparcela 1, demostró, tanto en primera como en segunda cosecha, ser más eficiente para el control de plagas y enfermedades priorizadas (*Phytophthora* sp. y *Thecla*) que el manejo convencional.

De acuerdo con los resultados estadísticos obtenidos, no se presentaron diferencias significativas en el rendimiento entre los tratamientos durante la segunda cosecha. Sin embargo, el tratamiento realizado en la subparcela 3 presentó los mayores rendimientos por planta tanto en primera como en segunda cosecha, seguida por la subparcela 2, en la que se implementó la tecnología de fertirriego.

Los resultados del rendimiento tanto por planta como por hectárea no fueron influenciados por la tecnología de riego por goteo durante el período productivo de segunda cosecha, porque se presentaron precipitaciones atípicas durante todo el año, lo que evitó que la planta sufriera un estrés hídrico prolongado.

De acuerdo con los resultados estadísticos obtenidos, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin acolchado plástico. Sin embargo, se observó que el menor rendimiento se presentó en la subparcela 4, que no tenía acolchado plástico (ver tabla 2).

Aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, las tecnologías implementadas en las subparcelas 1 y 4 se presentan como promisorias para la obtención de frutas de mayor calidad. Se destaca que en ambas se implementó riego por goteo y fertilización foliar.



La práctica de encajonamiento realizada durante la segunda cosecha resultó eficiente para evitar el volcamiento de plantas en la parcela demostrativa.

La construcción y adecuación del centro de acopio para el manejo de poscosecha contribuyó a la reducción del daño físico y conservó la calidad de las características internas y externas de los frutos, proporcionando mejor aceptación tanto en la comercialización como en el consumidor final.

7. COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LA PARCELA DEMOSTRATIVA PIÑA MD2

7.1 Objetivos específicos

- Evaluar los costos de producción de la parcela demostrativa de piña MD2 durante primera cosecha.
- Evaluar los costos de producción de la parcela demostrativa de piña MD2 durante la segunda cosecha.
- Comparar los costos de producción de la parcela demostrativa de piña MD2 durante primera y segunda cosecha.

7.2 Materiales y métodos

7.2.1 Costos de producción

Para calcular los costos de producción de la primera y segunda cosecha, se relacionaron los costos asociados a cada subparcela por actividad realizada, así como equipos, insumos, mano de obra, maquinaria y herramientas requeridas para ejecutar cada una de ellas. En el caso de las herramientas y equipos durables, como es el caso del sistema de riego, las fumigadoras, los tanques de agua, entre otros, se realizó una amortización de los costos a través de una depreciación lineal, dividiendo el costo sobre la vida útil (ecuación 1), con la finalidad de asignar el costo correspondiente al período de estudio (ecuación 2). La información sobre la vida útil de cada herramienta durable fue proporcionada por el proveedor.

$$\textit{Amortización anual} = \frac{\textit{Costo del producto}}{\textit{Vida útil del producto (años)}} [1]$$

$$\textit{Amortización mensual} = \frac{\textit{amortización anual}}{12} [2]$$



Además, se tuvo en cuenta el costo total de implementación de cada tratamiento en primera y segunda cosecha, se calculó el costo por planta sembrada, por kilogramo de fruta cosechada y los costos por hectárea sembrada, para este último se multiplicó el costo de una planta por COP 55.000, que es el número de plantas que pueden ser sembradas en una hectárea con las distancias de siembra manejadas durante la investigación.

7.2.2 Análisis costo-beneficio

El análisis costo-beneficio (ACB) es una metodología para evaluar los costos y beneficios de un proyecto, programa o intervención con la finalidad de determinar la viabilidad de dicha inversión. Para esto, es necesario cuantificar los costos y beneficios en unidades monetarias. El ACB se puede utilizar como una herramienta para decidir la implementación de un proyecto o también para cuantificar el retorno de la inversión de un proyecto previamente ejecutado (Aguaza, 2012), como es el caso de esta investigación.

De acuerdo con Aguilera (2017),

la técnica del costo-beneficio se relaciona de manera directa con la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de un proyecto a partir de los costos y beneficios que se derivan de él. Dicha relación de elementos, expresados en términos monetarios, conlleva la posterior valoración y evaluación. (p.329)

Uno de los métodos existentes para realizar el análisis costo-beneficio es la ratio costo beneficio (RCB), la cual consiste en dividir los beneficios sobre los costos, como se muestra en la ecuación 7.

$$RCB = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} [7]$$

En este método se cuenta con 3 criterios de decisión:

$$RCB \begin{cases} < 1; \text{ Los costos superan los beneficios por tanto el proyecto no es viable} \\ = 1; \text{ los costos igualan los beneficios, por tanto no presenta ganancias} \\ > 1; \text{ Los beneficios superan los costos, por tanto el proyecto es viable} \end{cases}$$

7.3 Resultados y discusión

7.3.1 Costos primera cosecha

En la tabla 45, se observan los costos de cada equipo utilizado en la parcela demostrativa de piña MD2 y su amortización anual y mensual. El mayor costo relacionado con la parcela demostrativa fue el sistema de riego, seguido por la estación meteorológica, la bomba



estacionaria y el tanque Zamorano. El sistema de riego es el equipo con el período de vida útil más extenso y con la mayor depreciación anual y mensual.

Los costos totales de inversión durante la primera cosecha en cada subparcela se relacionan en la tabla 46. El menor costo de producción por planta fue de COP 929, asociado a la subparcela 5, la cual no tuvo sistema de riego. La subparcela 4 obtuvo el mayor costo de producción por planta, con COP 1164, la cual contó con sistema de riego.

Tabla 45. Costos y amortización anual y mensual de herramientas y equipos utilizados en la parcela demostrativa

Herramienta y equipo	Cantidad	Costo unitario (COP)	Costo total (COP)	Vida útil (COP)	Depreciación anual (COP)	Depreciación mensual (COP)
Tanque Zamorano	1	2.512.300	2.512.300	5	502.460	41.872
Sistema de riego por goteo para 37.000 plantas	1	25.734.831	25.734.831	6,5	3.959.205	329.934
Estación meteorológica	1	8.136.000	8.136.000	5	1.627.200	135.600
Bomba estacionaria	1	2.520.000	2.520.000	5	504.000	42.000
Fumigadora Royal Cónдор	2	100.725	201.450	2	100.725	8394
Gramera	1	171.428	171.428	3	57.143	4762

Fuente: I. Mosquera (2021).

Tabla 46. Costos de producción primera cosecha

Concepto		SP1 (COP)	SP2 (COP)	SP3 (COP)	SP4 (COP)	SP5 (COP)
Por planta		1070	1011	1076	1164	929
Por kg		668,51	540,61	585,71	697,08	562,95
Por hectárea		64.177.357	60.654.411	64.570.663	69.848.096	55.733.247
Tonelada		668.514	540.607	584.889	686.794	562.948
Insumos	Planta	404,99	422,95	438,09	604,45	451,07
	kg	253,12	226,18	238,09	356,60	273,37
	ha	24.299.409	23.261.976	24.094.736	33.244.498	24.808.991
	t	253.119	207.332	218.523	326.883	250.589
Mano de obra	Planta	254,78	173,23	229,18	176,18	217,30
	kg	159	92,64	124,56	103,94	131,70
	ha	15.286.657	9.527.683	12.604.903	9.689.865	11.951.645
	t	159.236	84.919	114.177	95.277	120.721



Concepto		SP1 (COP)	SP2 (COP)	SP3 (COP)	SP4 (COP)	SP5 (COP)
Herramienta y equipos	Planta	286,46	286,46	284,21	223,77	146,36
	kg	179,04	179,04	154,46	132,02	88,7
	ha	17.187.765	16.185.325	15.631.351	12.307.519	8.049.744
	t	179.039	144.258	141.591	121.016	81.308.04
Otros costos	Planta	32,56	32,56	37,27	70,84	34
	kg	20,35	20,35	20,26	41,79	20,6
	ha	1.953.602	2.108.963	2.236.372	4.250.295	2.040.238
	t	20.350	18.797	20.257	41.792	20.607
Administración	Planta	50,93	50,93	51,25	55,43	44,23
	kg	31,83	31,83	27,85	32,70	26,8
	ha	3.056.065	2.888.305	3.074.793.5	3.326.100	2.653.964
	t	31.834	25.743	27.852	32.705	26.807

Fuente: L. Mosquera (2021).

Al desagregar los costos por rubros, se logró establecer que los insumos fueron el ítem con la mayor participación en el costo total en todas las subparcelas, con un 48 % en promedio. Entre las subparcelas, la subparcela 4 presentó el valor más alto en insumos en relación con el costo total. El rubro “herramientas y equipos” contribuyó con el 23 % de los costos en promedio. Este es el segundo rubro con mayor peso en el costo total, seguido por mano de obra y administración. La menor contribución al costo total fue la del rubro “otros costos”, en el que se incluyeron análisis de suelos y foliares (ver figura 58).

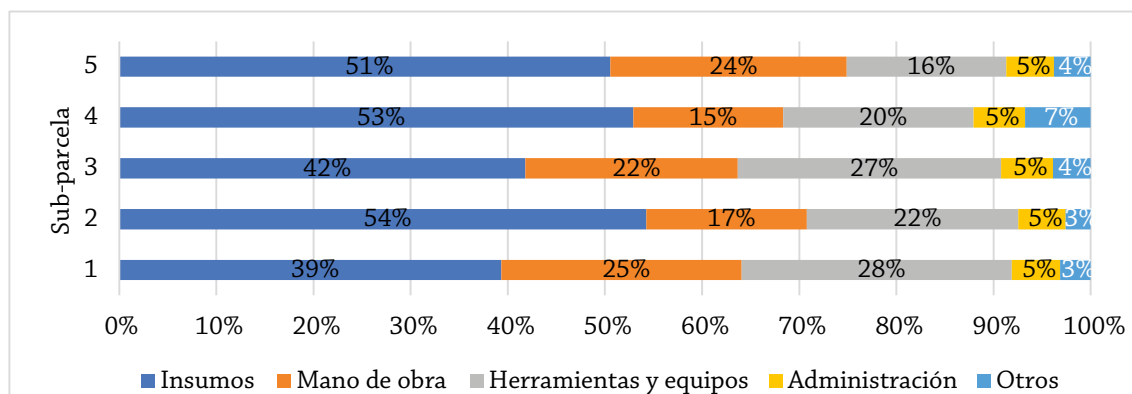


Figura 58. Costos desagregados por rubros de producción por planta durante la primera cosecha

Fuente: L. Mosquera (2021).

En cuanto a los costos por actividad durante la primera cosecha (ver figura 59), los relacionados con la fertilización fueron los más altos en todas las subparcelas, con una contribución promedio al costo total del 32 %. La fertilización en la subparcela 5 aportó el 39,5 % al costo total, mientras que en la subparcela 1 representó el 28,6 %. La segunda actividad que más contribuyó en promedio a los costos globales fue el establecimiento de la parcela



demostrativa: 20,5 %. Sin embargo, en la subparcela 4 esta actividad estuvo en el tercer lugar de contribución a los costos totales, debido a que no se implementó la tecnología de acolchado plástico. En esta parcela, el segundo lugar lo ocupó el control de plagas y enfermedades.

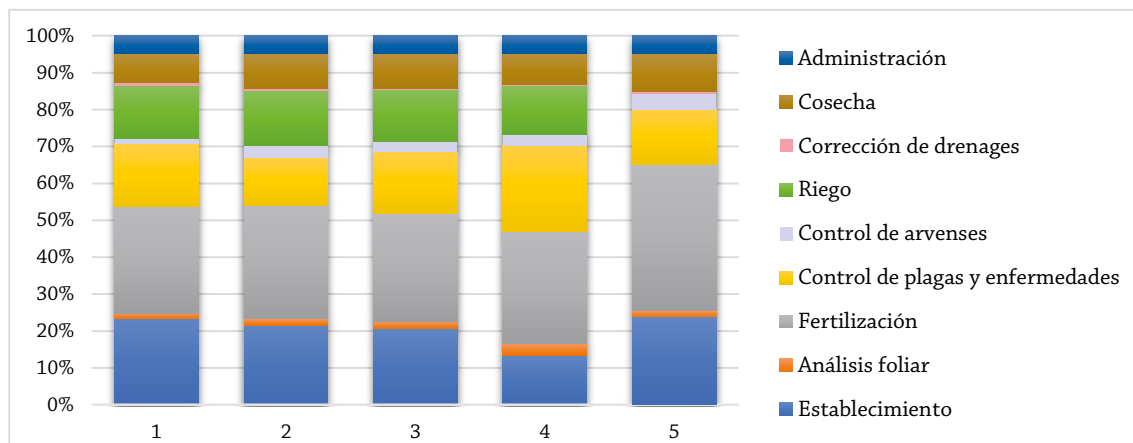


Figura 59. Costos desagregados por actividad en cada subparcela durante la primera cosecha
Fuente: L. Mosquera (2021).

7.3.2 Rendimientos primera cosecha

En la tabla 47 se puede observar el número de plantas cosechadas, los kilogramos producidos y el rendimiento tanto por planta como por hectárea. En este sentido, la subparcela 2, tratamiento de fertirriego, presentó un mayor rendimiento en comparación con el resto de los tratamientos, con una producción de 12.768 kg y un rendimiento promedio de 1,87 kg por planta y, aproximadamente, 112 t/ha. Esta fue seguida por las subparcelas 3 y 4, con rendimientos promedio de 110,4 y 101,7 t/ha, respectivamente.

Tabla 47. Producción y rendimiento durante la primera cosecha por subparcelas

Concepto	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Número de plantas cosechadas	7371	6828	6430	3338	7058
Cantidad de fruta cosechada (kg)	11.794	12.768	11.831	5658	11.646
Rendimiento (kg/planta)	1,60	1,87	1,84	1,70	1,65
Rendimiento (t/ha)	96	112,2	110,4	101,7	99

Fuente: L. Mosquera (2021).

7.3.3 Costos segunda cosecha

Los costos totales de producción durante la segunda cosecha en cada subparcela se encuentran relacionados en la tabla 48. Para la segunda cosecha, el menor costo de producción se halló en la subparcela 5, el cual fue de COP 739 por planta y COP 44.357.617 por hectárea.



Esto debido a que no se implementó el sistema de riego en esta subparcela. En contrapartida, en la subparcela 3 se presentaron los mayores costos de producción, con COP 867 por planta y COP 51.991.582 por hectárea.

Tabla 48. Costos de producción durante la segunda cosecha

Concepto		SP1 (COP)	SP2 (COP)	SP3 (COP)	SP4 (COP)	SP5 (COP)
Por planta		810	859	867	826	739
Por kg		571	566	555	592	496
Por ha		48.583.435	51.547.656	51.991.582	49.543.475	44.357.617
Por t		570.675	566.408	605.023	645.379	541.277
Insumos	planta	382,10	451,82	435,82	416,09	427,99
	kg	269,30	297,88	278,83	298,11	287,24
	ha	22.926.299	27.109.165	26.138.655	24.965.651	25.679.606
	t	269.299	297.877	278.826	298.114	313.357
Mano de obra	planta	182,70	162,99	184,42	146,69	229,10
	kg	128,76	107,06	118,03	105,10	153,76
	ha	10.962.099	9.743.409	11.065.008	8.801.653	13.746.104
	t	128.764	107.061	118.033	105.100	167.738
Herramientas y equipos	planta	188,05	184,69	184,69	184,69	63,52
	kg	132,53	121,76	118,21	132,32	42,63
	ha	11.282.974	11.081.570	11.081.570	11.081.570	3.810.936
	t	132.533	121.765	118.209	132.325	46.503
Otros costos	planta	18,31	24,14	20,5	39,32	18,68
	kg	12,90	15,92	24	28,17	12,54
	ha	1.098.566	1.448.576	1.230.559	2.335.388	1.120.972
	t	12.904	15.917	13.127	27.887	13.679
Administración	planta	38,56	40,91	37,5	39,32	36,96
	kg	27,17	26,97	24	28,17	24,81
	ha	2.313.497	2.454.650	2.249.704	2.359.213	2.217.881
	t	27.175	26.972	23.998	28.171	27.064

Fuente: L. Mosquera (2021).

Los resultados del análisis estadístico de la variable costos de producción por kilogramo de fruta producida (ver tabla 49) mostraron diferencias significativas entre la subparcela 5 y las 1 y 4. En otras palabras, los tratamientos implementados en las subparcela 2, 3 y 5 generan costos de producción por kilogramo de fruta cosechada significativamente más bajos que el resto de las subparcelas, por lo que deben ser considerados como alternativas a priorizar para la producción de piña MD2 en la zona de ladera del Valle del Cauca. El comportamiento de la subparcela 5 podría ser explicado por la no aplicación de riego por goteo ni la utilización del tanque Zamorano.



Tabla 49. Agrupamiento por prueba lsd para el costo de producción por kg de fruta por subparcela

Subparcela	Costo producción por kg de fruta (COP)*
1	572 a
2	566 ab
3	555 ab
4	592 a
5	496 b

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Fuente: D. Arango (2021).

En la figura 60 se presentan los costos de producción desagregados por rubros durante la segunda cosecha, lo cual permite observar que los rubros que más aportaron a los costos totales de implementación de la parcela demostrativa fueron insumos y mano de obra, con un promedio del 52 y 21,5 % de los costos globales, respectivamente. Por otra parte, el rubro “otros costos” fue el que tuvo menor incidencia en el costo final, en el que se incluyeron los análisis de laboratorio (análisis de suelos y foliares), ocupando un 3 % del total. Se destaca que en los rubros insumos y mano de obra la subparcela 5 fue la que tuvo los valores más altos en comparación con el resto de subparcelas.

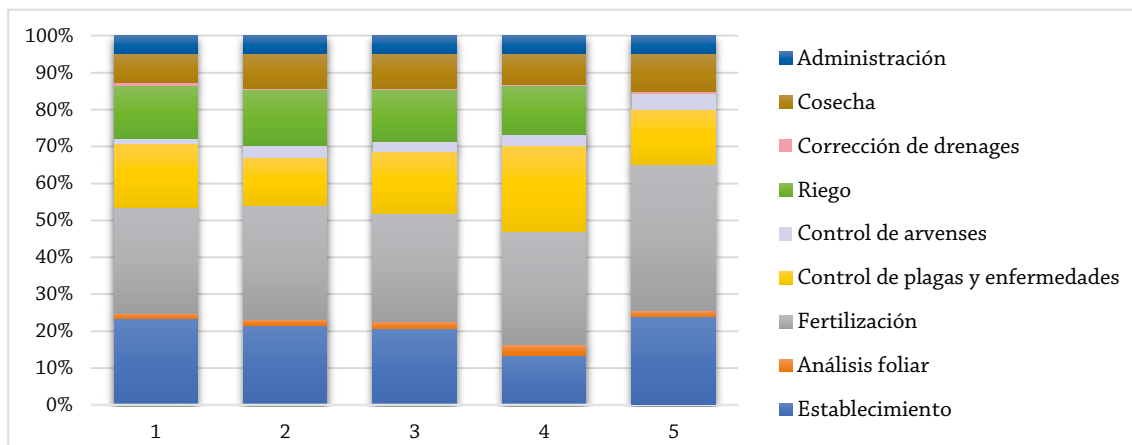


Figura 60. Costos de producción desagregados por rubros durante la segunda cosecha

Fuente: L. Mosquera (2021).

En cuanto a los costos por actividad durante la segunda cosecha (ver figura 61), se destacan nuevamente los costos relacionados con la fertilización, los más altos son, en todas las subparcelas, en promedio el 32,3 % de los costos totales. La fertilización en la subparcela 5 aportó el 34,7 % del costo total, mientras que en la subparcela 1 representó el 25,3 %. La segunda actividad con mayor influencia en los costos totales fue el control de plagas y enfermedades, que constituyó en promedio el 29 % de los costos totales, impactando en mayor medida los costos de implementación de la subparcela 5: 34,7 %.

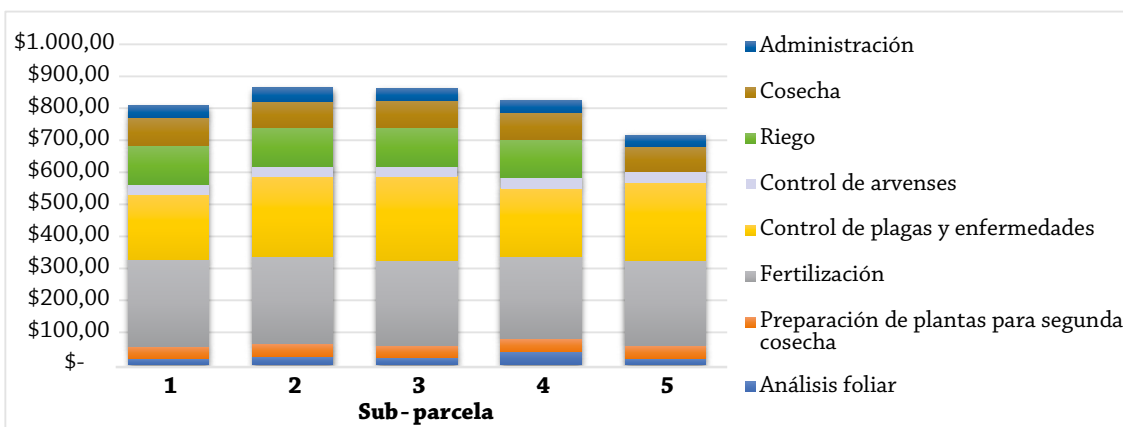


Figura 61. Costos desagregados por actividad en cada subparcela durante la segunda cosecha

Fuente: L. Mosquera (2021).

7.3.4 Rendimiento segunda cosecha

En la tabla 50, se observa el número de plantas cosechadas, los kilogramos producidos y el rendimiento obtenido durante la segunda cosecha tanto por planta como por hectárea. La subparcela 3, con tratamiento de riego por goteo y fertilización foliar, presentó el mayor rendimiento en comparación con el resto de los tratamientos, con una producción de 9.142 kg y un rendimiento promedio de 1,56 kg por planta y 85,9 t/ha. Esta fue seguida por las subparcelas 2 y 5, con un rendimiento promedio por hectárea de 83,4 y 82 t/ha, respectivamente.

Tabla 50. Producción y rendimiento durante la segunda cosecha por subparcelas

Concepto	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Número de plantas cosechadas	6554	6213	5851	3083	6423
kg producidos	9299,4	9423,88	9141,73	4303,11	9866,19
Rendimiento (kg/planta)	1,42	1,52	1,56	1,40	1,49
Rendimiento (t/ha)	78,0	83,4	85,9	76,8	82,0

Fuente: L. Mosquera (2021).

7.3.5 Costos: primera vs. segunda cosecha

Comparando los costos de implementación de los tratamientos durante las 2 cosechas, se observa que durante la segunda hubo, en general, una reducción. No obstante, la más notoria fue en la subparcela 4, que representó un 29 % de costo menos, seguida por las subparcelas 1 y 5, que redujeron 24 % y 20 %, respectivamente (ver tabla 51). Las variaciones en los costos durante primera y segunda cosecha están relacionadas principalmente con la reducción de insumos, materiales, mano de obra, entre otros tratamientos, como



acolchado, o actividades, como la implementación de camas, las cuales se realizaron únicamente al inicio del cultivo.

Tabla 51. Variación de los costos de implementación de tratamientos en la parcela demostrativa de piña MD2 entre primera y segunda cosecha

Cosecha	Costo por planta				
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Primera	COP 1070	COP 1011	COP 1076	COP 1164	COP 928,9
Segunda	COP 810	COP 859	COP 867	COP 826	COP 739
Diferencia	COP 260	COP 152	COP 210	COP 338	COP 190
Variación porcentual	-24 %	-15 %	-19 %	-29 %	-20 %

Fuente: L. Mosquera (2021).

7.3.6 Rendimiento: primera cosecha vs. segunda cosecha

Los datos obtenidos evidenciaron que, comparativamente, en todas las subparcelas se presentó una reducción promedio del 14,08 % en el rendimiento durante la segunda cosecha. La subparcela 3 presentó el rendimiento promedio más estable, en contraste con el resto de las subparcelas, entre primera y segunda cosecha con una producción de 1,70 kg por planta. La subparcela 5 fue la que menor reducción en el rendimiento presentó entre la primera y segunda cosecha, con solo 0,11 kg por planta, seguida por las subparcelas 1 y 3, con 0,18 y 0,28 kg por planta, respectivamente. Por su parte, la subparcela 2 fue la que mayor reducción en el rendimiento promedio presentó entre primera y segunda cosecha, con 0,35 kg por planta (ver figura 62).

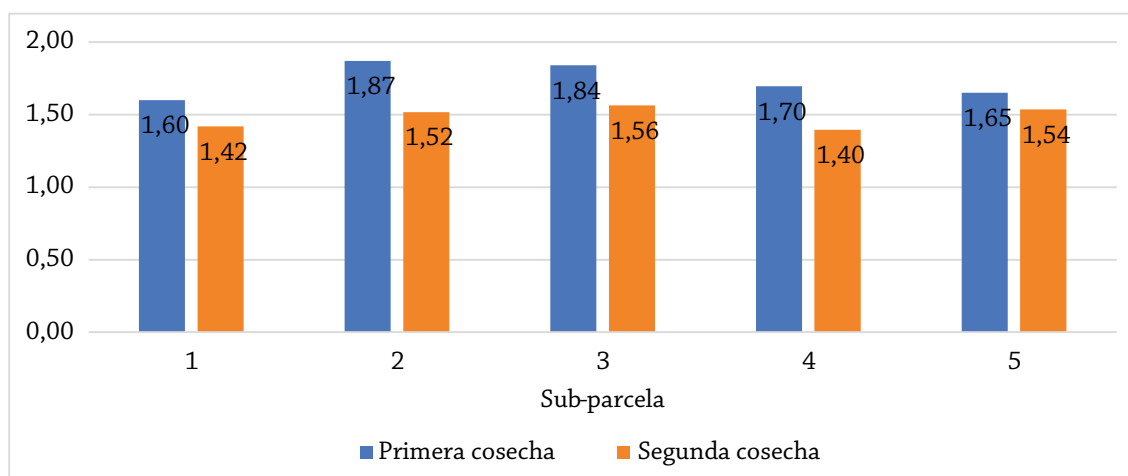


Figura 62. Comparación de rendimientos por planta entre primera y segunda cosecha

Fuente: L. Mosquera (2021).



7.3.7 Análisis costo-beneficio

La tabla 52 contiene la RCB por subparcela para ambas cosechas. Todas las subparcelas presentaron una RCB superior a 1, lo que significa que los beneficios de los tratamientos implementados para la producción de piña MD2 son mayores que los costos asociados a esta actividad. En el caso de la subparcela 2, en la que se implementó el tratamiento de fertirriego y riego por goteo, se presentó una RCB de 1,94 durante la primera cosecha, es decir, que por cada COP 100 invertidos se generaron COP 94 de retorno. Esta rentabilidad ubica a la subparcela 2 como la de mayor margen de ganancia y, por ende, la de mayor ganancia neta por hectárea durante la primera cosecha. La subparcela 5 presentó una RCB de 1,86, ubicándose como la segunda mejor parcela en este indicador.

Tabla 52. Beneficios en la producción de piña MD2 durante primera y segunda cosecha

Concepto	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Ratio beneficio/costo por planta					
Primera cosecha	1,57	1,94	1,79	1,50	1,86
Segunda cosecha	1,84	1,85	1,89	1,77	2,11
Ganancia neta por hectárea					
Primera cosecha (COP)	36.430.643	56.927.874	51.126.581	36.735.200	48.021.426
Segunda cosecha (COP)	40.636.320	43.828.744	46.253.502	38.221.545	41.525.983
Margen de ganancia por hectárea					
Primera cosecha	36,20 %	48,40 %	44,20 %	34,50 %	460 %
Segunda cosecha	40,43 %	40,96 %	41,83 %	38,19 %	48,21 %

Fuente: L. Mosquera (2021).

En la segunda cosecha, la subparcela 5 presentó la mayor RCB, con 2,11, lo que indica una rentabilidad del 111 %. Esta parcela también se destacó, en comparación con los tratamientos implementados en las otras subparcelas, por una mayor ganancia neta y por un margen de ganancia por hectárea superior. En segundo lugar, se ubicó la subparcela 3, con una ratio de 1,89.

El análisis estadístico para la variable beneficio-costo mostró diferencias significativas entre los tratamientos implementados en la subparcela 5 y los usados en las subparcelas 1, 2 y 4 (ver tabla 53). Puesto que los tratamientos 3 y 5 son los más sobresalientes, se puede asumir que las prácticas implementadas pueden aportar el mayor beneficio-costo para la producción de piña MD2 en la zona de ladera del Valle del Cauca.



Tabla 53. Agrupamiento por prueba LSD para el ratio costo beneficio por subparcela durante la segunda cosecha

Subparcela	Ratio costo beneficio*
1	1,68 b
2	1,70 b
3	1,73 ab
4	1,63 b
5	1,94 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.
Fuente: D. Arango (2021).

En cuanto al margen de ganancia para la segunda cosecha, en la tabla 54 se evidencia el análisis estadístico realizado. La comparación múltiple muestra diferencias significativas, en un nivel de significancia del 95 %, entre la subparcela 5 y el resto de las subparcelas (de la 1 a la 4), indicando que el mayor margen de ganancia en esta subparcela es suficiente como para tomar en cuenta este tratamiento en futuras priorizaciones.

Tabla 54. Agrupamiento por prueba LSD para el margen de ganancia por subparcela durante la segunda cosecha

Subparcela	Margen de ganancia (%)*
1	40,43 b
2	40,96 ab
3	41,83 ab
4	38,19 b
5	48,21 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.
Fuente: D. Arango (2021).

7.4 Conclusiones

Los costos de producción por kilogramo durante la primera y segunda cosecha resultaron ser más bajos en las subparcelas 5, 2 y 3. Entre las tecnologías implementadas que comparten estas parcelas se encuentran: el manejo convencional de plagas y enfermedades y el acolchado plástico. Las subparcelas 3 y 5 comparten la fertilización foliar en lugar del fertirriego de la subparcela 2, lo que permite suponer que vale la pena priorizar este tipo de manejo en futuras investigaciones.

El porcentaje de cambio en los costos de producción entre la primera y segunda cosecha se reducen a un rango entre el 15 y 29 %, dependiendo de las tecnologías implementadas. La menor reducción del costo de producción entre primera y segunda cosecha se presenta



cuando se implementa la tecnología de fertirriego, mientras que la mayor variación se presenta cuando no se implementa la tecnología de acolchado plástico. Si se tiene en cuenta las subparcelas que presentaron el menor costo de producción por kilogramo producido (5, 2 y 3), la reducción del costo de producción entre primera y segunda cosecha se encuentra entre 15 y 20 %.

En cuanto a la relación costo beneficio, tanto las tecnologías implementadas en la subparcela 5 como en la 3 mostraron el mayor índice y, por tanto, las mayores utilidades con respecto a los costos de producción, lo que también se refleja cuando se analiza el indicador margen de ganancia. Las subparcelas 5, 3 y 2 se destacan por presentar los mayores porcentajes.

8 REFERENCIAS

- Agronet. (2020, 11 de mayo). Estadísticas agropecuarias [internet]. Agronet. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Alvarado, L. (1939). *Glosario de voces indígenas. Obras Completas* (2 vols.). Fundación la Casa de Bello.
- Baligar, V., Fageria, N., y He, Z. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Commun soil sci plant anal*, 31(7-8), 921-950. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104098>
- Bartholomew, D. (2009). 'MD2' Pineapple Transforms the World's Pineapple Fresh Fruit Export Industry. *Pineapple News*, 16, 2-5.
- Bartholomew, D., Coppens d'Eeckenbrugge, G. y Chen, C. (2010). Pineapple. *HortScience*, 45, 740-742.
- Bertoni, M. (1919). Contributions à l'étude botanique des plantes cultivées. I. Essai d'une monographie du genre Ananas. *Anales Científicos Paraguayos*, III (4), 250-322.
- Betancourt, P., Montilla, I., Hernández, C., y Gallardo, E. (2005). Fertilización nitrogenada en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr) en el sector Páramo Negro, municipio Iribarren estado Lara. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 382-393.
- Carr, M. (2012). The water relations and irrigation requirements of pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus*): a review. *Experimental Agriculture*, 48(4), 488-501. doi:10.1017/S0014479712000385
- CIAT. (2018). *Brechas tecnológicas de la cadena productiva de la piña en el Valle del Cauca y descripción del estado del arte*. Ciat.
- Ciesiolka, C., Coughlan, K., Rose, C. y Smith, G. (1995). Erosion and hydrology of steepplands under commercial pineapple production. *Soil Technology*, 8(3), 243-258.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G. y Leal, F. (2018). Morphology, Anatomy and Taxonomy. En G. Sanewski, D. Bartholomew, y R. Paull, *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 13-32). CAB International.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G., Duval, M. y Leal, F. (2018). Origin and Evolution. En G. Sanewski, D. Bartholomew y R. Paull, *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (355). CAB International.



- Dalgado, S. (1913). *Portuguese Vocables in Asiatic Languages. English trans.* Baptist Mission Press.
- Dalgado, S. (1919). *Glossario Luso-Asiático.* Coimbra: Imprensa da Universidade.
- DANE. (2016). *Principales características del cultivo de la Piña (Ananas comosus L.).* Dane.
- El-Swaify, S., Zhang, J., Palis, R., Rose, C. y Ciesiolka, C. (1993). Erosion problems and conservation needs of pineapple culture. *Acta Horticulturae*, 334, 227-239.
- FAO. (2004). *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas.* FAO.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* FAO.
- FAO. (2018). *Las principales frutas tropicales: Análisis del mercado 2018.* FAO.
- González, X. (2019). La producción de piña en Colombia llegaría a 1,18 millones de toneladas al finalizar el año. *La República*. https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-piña-en-colombia-llegaria-a-118-millones-de-toneladas-al-finalizar-el-año-2895397#error=login_required&state=35baf3f3-e76e-4b30-a9ac-839d7de697f1
- Hanafi, M., Shahidullah, S., Niazuddin, M., Aziz, Z. y Mohammud, C. (2010). Potential use of sea water for pineapple production in bris soil. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12, 396-400.
- Herrera, W. (2001). Manejo de suelos y fertilización del cultivo de piña. En *Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica* (pp. 102-108). Universidad de Costa Rica.
- Kimati, H. y Tokeshi, H. (1964). Nota sobre a ocorrência de *Fusarium* sp. causando resinose fúngica em abacaxi. *Revista de Agricultura*, 39(3), 131-133.
- Lacerda, J., Carvalha, R. y Oliveira, E. (2007). Broca-do-fruto *trymon megarus* um problema para a abacaxicultura do Brasil. *Tecnologia and Ciência Agropecuária*, 1(2), 25-30.
- Leal, F. y Coppens d'Eeckenbrugge, G. (1996). Pineapple. En J. Janick, y J. Moore, *Fruit Breeding, Vol. 1: Tree and Tropical Fruits* (pp. 515-557). New York: Wiley and Sons.
- Leal, F. y Coppens d'Eeckenbrugge, G. (2018). History, Distribution and World Production. En G. Sanewski, D. Bartholomew y R. Paull, *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 13-32). CAB International.
- López, J. (2016). *Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao.* Universidad Nacional de Colombia.
- Marrero, G., Schneider, K., Jenkins, D. y Álvarez, A. (2013). Phylogeny and classification of Dickeya based on multilocus sequence analysis. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 63(9), 3524-3539. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.046490-0>
- Monge, M., Castro, I., Aguilar, P., Rodriguez, D. y Brenes, L. (2018). *Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña.* Universidad Earth (Costa Rica).
- Morales Granados, J. y López González, J. (2003). *El cultivo de la Piña Perolera.* Corpoica.
- Ojeda, M., Pire, R., Pérez De Camacaro, M. y Mogollón, N. (2012). Effects of irrigation on growth, flowering and fruit quality of pineapple 'Red Spanish'. *Acta Horticulturae*, 928, 171-178. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.928.20>
- Patra, S., Pramanik, S. y Saha, S. (2015). Techno-economic feasibility of micro-irrigation in pineapple under the Gangetic alluvial plain of West Bengal. *Indian Journal of Horticulture*, 72(3), 329-333.



- Py, C., Lacoueilhe, J. y Teisson, C. (1987). *The Pineapple. Cultivation and Uses*. G.-P. Maisonneuve et Larose.
- Rebolledo, M., Uriza, A. y Rebolledo, M. (1998). *Tecnología para la Producción de Piña en México*. Inifap- Cirgoc.
- Ríos-Rojas, L., Puentes Díaz, C., Trejos Arana, A., Ramos Villafañe, Y., Carabalí Muñoz, A., Gómez Paz, Y. y Saavedra, S. (2019). *Manual técnico para la producción de semilla de piña (Ananas comosus L. Merrill) variedad MD2*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).
- Sanches, N. (1999). Pragas e seu controle. En G. Cunha, J. Cabral y L. Souza, *O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia* (pp. 307-341). Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia.
- Sanewski, G., Coppens d'Eeckenbrugge, G. y Junghans, D. (2018). Varieties and Breeding. En G. Sanewski, D. Bartholomew y R. Paull, *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 42-84). CAB International.
- Sanewski, G., Ko, H., De Faveri, J. y Kilian, A. (2016). Genetic resistance to the root rot pathogen *Phytophthora cinnamomi* in Ananas. *Acta Horticulturae*, 1111, 281-286. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1111.40>
- Sether, D. y Hu, J. (1998). Corollary analyses of the presence of pineapple mealybug wilt associated virus and the expression of mealybug wilt symptoms, growth reduction, and/or precocious flowering of pineapple. *Phytopathology*, 88(8), 867-874.
- Sether, D. y Hu, J. (2002). Closterovirus infection and mealybug exposure are necessary for the development of mealybug wilt of pineapple disease. *Phytopathology*, 92(9), 928-935.
- Sipes, B. y Pires de Matos, A. (2018). Pests, Diseases and Weeds. En G. Sanewski, D. Bartholomew, y R. Paull, *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (pág. 355). CAB International.
- Souza, L., de Almeida, O., Caldas, R. y Reinhardt, D. (2002). Effect of soil moisture and fertilization on 'Pérola' pineapple in Coastal Tableland areas of Brazil. *Tropical Agriculture*, 79(2), 83-87.
- Souza, O., Zanini, J., Torres, J., Barreto, A. y Souza, E. (2012). Pineapple production and physical quality under different irrigation frequencies and water depths. *Irriga*, 17, 534-546.
- Uriza, A., Rebolledo, M. y Rebolledo, M. (2002). Diagnóstico y perspectivas de la actividad piñera en México. *Cuarto Simposio Internacional* (p. 9). México.
- Vagneron, I., Faure, G. y Loeillet, D. (2009). Is there a pilot in the chain? Identifying the key drivers of change in the fresh pineapple sector. *Food Policy*, 34(5), 437-446.
- Vásquez, J. y Bartholomew, D. (2018). Plant Nutrition. En G. Sanewski, D. Bartholomew, y R. Paull, *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (p. 178). CAB International.
- Vásquez, J., Sanewski, G., Haroldo, D. y Bartholomew, D. (2018). Cultural System. En G. Sanewski, D. Bartholomew y P. Paull, *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (p. 355). CAB International.
- Waite, G. (1993). Pest. En R. Broadley, R. Wassman III y E. Sinclair, *Pineapple Pests and Disorders*. Queensland, Australia: Department of Primary Industries.
- Williams, D. y Fleisch, H. (1993). Historical review of pineapple breeding in Hawaii. *Acta Horticulturae*, 334, 67-76.

**OPCIONES TECNOLÓGICAS
PARA MEJORAR LAS PRÁCTICAS
AGRONÓMICAS EN EL CULTIVO
DE PIÑA MD2 EN ZONA DE
LADERA, COLOMBIA**

Hace parte del Proyecto
Incremento de la competitividad
sostenible en la agricultura de
ladera en todo el departamento,
Valle del Cauca, Occidente

Se editó en la Editorial Universidad
Nacional de Colombia.

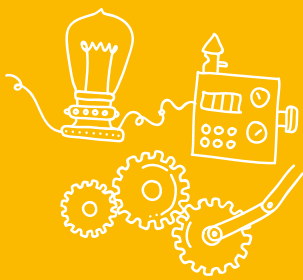
En su composición se utilizaron
caracteres Chaparral Pro.

Formato de 21,5 × 28 centímetros.

Se terminó de imprimir en DGP
Editores S. A. S., 300 ejemplares
en propalmate de 90 gr.

Se publicó en junio del 2022
Bogotá, D. C., Colombia.





Este proyecto es financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías del Departamento Nacional de Planeación y tiene como objetivo beneficiar a los productores de las zonas de ladera del Valle del Cauca. Está orientado a incrementar la competitividad sostenible en la agricultura de ladera del Valle del Cauca, mediante procesos de investigación y desarrollo en los diferentes eslabones de la cadena productiva, que va desde la etapa inicial del cultivo hasta la etapa agroindustrial de los tres frutales seleccionados: piña MD2, aguacate Hass y mora de Castilla.

ISBN 978-958-794-812-7

