

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN AGRONOMÍA TROPICAL**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE SOMBRA EN LA ETAPA DE FLORACIÓN DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.), EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ.

**NESTOR ADRIAN MAZARIEGOS OROZCO
CARNÉ: 201442319**

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, NOVIEMBRE DE 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN AGRONOMÍA TROPICAL**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE SOMBRA EN LA ETAPA DE FLORACIÓN DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.), EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ.

**NESTOR ADRIAN MAZARIEGOS OROZCO
CARNÉ: 201442319**

**Ing. Agr. JOSÉ MARÍA TAMATH MÉRIDA
ASESOR**

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

REPRESENTANTES DE PROFESORES

M. Sc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretario

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

T.P.A. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE Rony Roderico Alonso Solis

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona
Coordinador Académico

M.Sc. Rafael Armando Fonseca Ralda
Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edín Aníbal Ortíz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

PhD. René Humberto López Cotí
Coordinador de las Carreras de Pedagogía, Administración Educativa y Psicopedagogía

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos

M.Sc. Erick Alexander España Miranda
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

M.Sc. José David Barrillas Chang
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas
y Sociales Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área Social Humanista

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez
Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. Paola Marisol Rabanales
Coordinadora Carrera de Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación



Mazatenango, octubre de 2019.

Honorable Consejo Directivo:
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Su despacho.

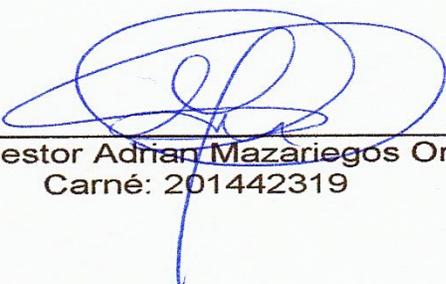
Respetables Miembros del Consejo Directivo:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE SOMBRA EN LA ETAPA DE FLORACIÓN DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus L. Merr.*), EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ”**, presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Agradeciendo la atención que sirva prestar a la presente y por su compromiso en mi proceso de graduación, me despido de ustedes.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



T.P.A. Nestor Adrián Mazariegos Orozco
Carné: 201442319

DEDICATORIA

A DIOS

Por brindarme salud, ánimo, fuerzas, paciencia y vida para poder alcanzar este logro.

A MIS PADRES

José Bayron Mazariegos Galván y Elda Rebeca Orozco Aragón, por el esfuerzo, sacrificio y la fe que han puesto en mí, por lo que estaré eternamente agradecido y a quienes dedico este trabajo.

A MIS HERMANOS

Alba Lorena, Bayron Fernando, Pedrojosé Alejandro y Roberto Josué, por la confianza y el apoyo incondicional.

A MI NOVIA

Diana Estíbalizt Almanza García, por la compañía durante el proceso y por el apoyo brindado.

A MI FAMILIA Y AMIGOS EN GENERAL

AGRADECIMIENTOS

A:

Finca “San Luís”, Operaciones del Campo, S.A. del grupo “Agropecuaria Popoyán, S.A.” ubicada en el parcelamiento San Mauricio, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Ingeniero Agrónomo Abelardo Pérez Melgar, Maestro y amigo Mario René De León, a los peritos Luís José Contreras, William Mazariegos y Orlando Tay, a mi querido amigo licenciado José Luís Alonzo, por su guía, colaboración y aporte en la realización de mi Ejercicio Profesional Supervisado.

El personal de campo y personal operativo que labora en la finca, por compartir sus conocimientos y contribuir a mi formación profesional.

Mis catedráticos por sus enseñanzas, por su tolerancia y por el apoyo brindado durante mi formación profesional.

Ing. Agr. José María Tamath por guiarme en la realización de este documento.

ÍNDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|--|--------|
| RESUMEN | xiv |
| SUMMARY | xv |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 1. Marco conceptual cultivo de la piña (<i>Ananas comosus L Merr.</i>)..... | 3 |
| 1.1. Origen y distribución..... | 3 |
| 1.2. El mercado internacional de la piña, para Guatemala | 3 |
| 1.3. Características del cultivo de la piña (<i>Ananas comosus L Merr.</i>)..... | 3 |
| 1.4. Partes de la planta | 4 |
| 1.5. Inducción floral | 6 |
| 1.6. Protección contra la quema de sol | 6 |
| 1.7. Nutrición de la planta de piña..... | 6 |
| 1.8. Requerimientos climáticos y edáficos de la piña | 8 |
| 1.9. Principales cultivares de piña..... | 9 |
| 1.10. Híbrido MD-2..... | 10 |
| 1.11. Topografía..... | 10 |
| 1.12. Preparación del terreno..... | 10 |
| 1.13. Tratamiento y selección de la semilla | 11 |
| 1.14. Época de siembra | 12 |
| 1.15. Densidades de siembra | 12 |
| 1.16. Siembra..... | 12 |
| 1.17. Plagas y enfermedades del cultivo de piña..... | 13 |
| 1.18. Malezas..... | 14 |
| 1.19. Cosecha..... | 15 |
| 1.20. Postcosecha | 17 |
| 2. Marco Referencial..... | 19 |
| 2.1. Localización del experimento | 19 |
| 2.2. Descripción de las polisombras..... | 22 |
| 2.3. Generalidades del manejo del cultivo..... | 23 |
| III. OBJETIVOS | 28 |
| 1. Objetivo general..... | 28 |
| 2. Objetivos específicos..... | 28 |

| | |
|---|----|
| IV. HIPÓTESIS | 29 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS | 30 |
| 1. Materiales | 30 |
| 1.1. Material experimental | 30 |
| 1.2. Recursos | 30 |
| 1.3. Unidad experimental | 31 |
| 1.4. Diseño experimental..... | 31 |
| 1.5. Modelo estadístico | 31 |
| 1.6. Tratamientos y aleatorización | 32 |
| 1.7. Croquis del experimento | 32 |
| 2. Métodos | 33 |
| 2.1. Análisis estadístico..... | 33 |
| 2.2. Variable respuesta | 33 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 40 |
| 1. Cantidad acumulada de lux | 40 |
| 2. Rendimiento de fruta en cajas/hectárea | 42 |
| 2.1. Peso de las frutas cosechadas | 42 |
| 3. Análisis de rentabilidad con presupuestos parciales | 46 |
| 4. Diámetro de la base de las frutas | 48 |
| 5. Diámetro del ápice de las frutas | 49 |
| 6. Longitud de fruta..... | 50 |
| 7. Longitud de corona | 52 |
| 8. Grados Brix y acidez de las piñas cosechadas bajo cada tratamiento | 53 |
| VII. CONCLUSIONES | 55 |
| VIII. RECOMENDACIONES..... | 58 |
| IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 59 |
| X. ANEXOS..... | 61 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|---|--------|
| 1. Distanciamiento y densidades de siembra..... | 12 |
| 2. Clasificación de las semillas. | 25 |
| 3. Distanciamientos y densidades/hectárea..... | 26 |
| 4. Descripción de los niveles del factor porcentaje de sombra. | 32 |
| 5. Promedios de lux utilizados para realizar la diferenciación de porcentajes de sombra proporcionados por el fabricante versus los porcentajes de sombra proporcionados en el campo..... | 34 |
| 6. Cantidad acumulada de Lux/tratamiento en estudio. | 40 |
| 7. Peso promedio en libras de las frutas cosechadas en cada tratamiento. | 42 |
| 8. Porcentaje de plantas muertas por hectárea. | 43 |
| 9. Pérdida de cajas de fruta por hectárea. | 43 |
| 10. Rendimiento en cajas de fruta por hectárea. | 44 |
| 11. Análisis de varianza para la variable rendimiento en cajas de fruta/hectárea.... | 44 |
| 12. Prueba de medias Tukey al 5% para la variable rendimiento de piña en cajas/hectárea..... | 45 |
| 13. Estimación de los costos que varían/hectárea..... | 46 |
| 14. Estimación del precio de campo de la caja de piñas. | 47 |
| 15. Estimación de beneficios netos..... | 47 |
| 16. Análisis de dominancia de los tratamientos. | 48 |
| 17. Diámetro promedio en centímetros de la base de las frutas cosechadas en cada tratamiento. | 48 |
| 18. Análisis de varianza para la variable diámetro de la base de las frutas..... | 49 |
| 19. Diámetro promedio en centímetros del ápice de las frutas cosechadas en cada tratamiento..... | 49 |
| 20. Análisis de varianza para la variable diámetro apical de las frutas..... | 50 |
| 21. Longitud promedio en centímetros de las frutas cosechadas en los tratamientos. | 50 |
| 22. Análisis de varianza para la variable longitud de fruta. | 51 |
| 23. Medias de la longitud de frutas y su significancia. | 51 |

| | | |
|------------|---|----|
| 24. | Longitud promedio en centímetros de las coronas de las frutas cosechadas..... | 52 |
| 25. | Análisis de varianza para la variable longitud de corona. | 52 |
| 26. | Grados brix y porcentaje de acidez de las frutas. | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1. | Localización geográfica del parcelamiento San Mauricio, en el municipio de Santo Domingo, Suchitepéquez..... | 20 |
| 2. | Croquis de Finca San Luis, Santo Domingo, Suchitepéquez..... | 21 |
| 3. | Medidas de las camas de siembra del cultivo..... | 23 |
| 4. | Distribución del corte y colecta de los cogollos utilizados para la siembra. | 24 |
| 5. | Croquis del experimento de campo. | 32 |
| 6. | Área de sustracción de jugo para determinación de grados brix y acidez. | 39 |
| 7. | Promedio de Lux diarios y % de sombra en campo de cada tratamiento en estudio. | 41 |
| 8. | Curva de rendimiento según las medias de cada tratamiento. | 46 |
| 9. | Instalación de los tratamientos (saranes) sobre las unidades experimentales. .. | 62 |
| 10. | Identificación de las unidades experimentales..... | 62 |
| 11. | Diferencia de una inflorescencia sin protección solar y una inflorescencia con protección solar directa..... | 62 |
| 12. | Inflorescencia seca bajo los tratamientos evaluados. | 62 |
| 13. | Tercera flor ubicada bajo los tratamientos evaluados..... | 62 |
| 14. | Segunda flor ubicada bajo los tratamientos evaluados..... | 62 |
| 15. | Primera flor ubicada bajo los tratamientos evaluados..... | 62 |
| 16. | Levantado de los tratamientos aplicados sobre las unidades experimentales de la investigación. | 62 |
| 17. | Recolección de los saranes utilizados en la investigación..... | 62 |
| 18. | Cosecha de frutas en los tratamientos evaluados. | 62 |
| 19. | Medición de peso de frutas..... | 62 |
| 20. | Medición de diámetro basal de las frutas..... | 62 |
| 21. | Medición del diámetro apical de las frutas. | 62 |
| 22. | Medición de la longitud de las frutas..... | 62 |
| 23. | Medición de la longitud de la corona de las frutas..... | 62 |
| 24. | Medición de grados brix y acidez de la pulpa de las frutas por tratamiento evaluado | 62 |

| | | |
|------------|---|----|
| 25. | Clasificación de las frutas para su empaque. | 62 |
| 26. | Porcentajes de sombra utilizados en la investigación..... | 62 |
| 27. | Luxómetro utilizado para la toma de datos durante la evaluación. | 62 |

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE SOMBRA EN LA ETAPA DE FLORACIÓN DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus L. Merr.*), EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ”

RESUMEN

La evaluación del efecto de cuatro porcentajes de sombra en la etapa de floración del cultivo de piña (*Ananas comosus L. Merr.*), fue desarrollada en finca San Luís, Operaciones del Campo S.A. perteneciente al grupo “Agropecuaria Popoyán”, ubicada en el municipio de Santo Domingo, Suchitepéquez, Guatemala. Para dar cumplimiento a los objetivos, se estudiaron cuatro distintos porcentajes de sombra proporcionada por una cubierta conocida como sarán, las cuales fueron: sarán al 47% de sombra (testigo relativo), sarán al 55%, sarán al 63% y sarán al 73%.

El uso de los porcentajes de sombra antes mencionados tuvo un período de utilización de 30 días, lapso en el cual, el cultivo florece (de los 39 a los 69 días después de la inducción floral). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBA) en donde se realizaron evaluaciones referidas a variables del crecimiento y desarrollo de la fruta, tales como el peso de las frutas (variable utilizada para determinar el rendimiento), diámetro promedio de la base y ápice de las frutas y longitud promedio de frutas y coronas, con la finalidad de establecer si la utilización de un determinado porcentaje de sombra influye en el aumento de cajas de fruta por hectárea.

Se determinó que la utilización de los saranes al 55%, 63% y 73% de sombra no influyen en el rendimiento del cultivo. Es el sarán al 47% de sombra es el que proporciona un mayor rendimiento en cajas de fruta por hectárea.

“EVALUATION OF THE EFFECT OF FOUR PERCENTAGES OF SHADE ON THE FLOWERING STAGE OF THE PINEAPPLE CROP (*Ananas comosus L. Merr.*), ON FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ”

SUMMARY

The evaluation of the effect of four shadow percentages on the flowering stage of the pineapple crop (*Ananas comosus L. Merr.*), was developed on Finca San Luis, Operations Del Campo S.A., that belongs to the group “Agropecuaria Popoyán”, located in the township of Santo Domingo, Suchitepéquez, Guatemala. To meet the objectives, four different percentages of shadow were studied using coverage, known as saran, which were: saran at 47% shade (relative witness), sarán at 55%, sarán at 63% and sarán at 73%.

The use of the aforementioned shade percentages had a periodo of utilization of 30 days, period in which the crop blooms (from 39 to 69 days after floral induction). Randomized complete block experimental desingn (RCBD) was used in which assessmente were made for variables the fruit growth and development, such as fruit weight (vriable used to determine yield), average diameter of base and apex of fruit and average length of fruit and crowns, in order to establish whether the use of a certain percentage shade influences the increase of fruit boxes per acres.

It was determined that the use of 55%, 63% and 73% shade, shades did not affect crop yield. It is the 47% shade is that provides higher yield in fruit boxes per acres.

I. INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus L Merr.*) es una planta herbácea, monocotiledónea, perenne, que mide hasta un metro de alto, con un tallo rodeado de 30 a 40 hojas, largas, gruesas y con espinas; en las variedades seleccionadas las espinas solo están en la punta de la hoja, en poco número y la hoja en sí termina en una punta fina y dura como aguja. La fruta se forma sobre un pedúnculo de unos 100 a 150 mm de largo en el ápice del tallo.

La inflorescencia empieza en el ápice del tallo como un cono, la cual pasa por varias etapas y produce flores de color lavanda. Las flores de la base se abren primero; en 20 días todas las flores se abren. Se producen de 100 a 200 flores por inflorescencia y el desarrollo de la fruta es partenocárpico. La fruta es compuesta, ya que las flores junto con sus brácteas adheridas a un eje central (corazón), se hacen carnosas y se unen para formar la fruta de la piña, la cual madura cinco meses después de la floración. Las frutas se producen comercialmente con pesos que van de 1,25 a 3,5 Kg.

La importancia de una buena floración recae directamente en la productividad del cultivo reflejada en el rendimiento de frutas en cajas por hectárea, es por ello que se protege con polisombra (sarán) durante este proceso.

Por lo general en Guatemala, el híbrido MD 2 “Maya Gold” es el más utilizado y su cultivo se ha extendido a diferentes zonas del país. Por esta razón, Finca San Luis, Operaciones del Campo S. A., del grupo “Agropecuaria Popoyán”, se ha dedicado a la producción, empaque y exportación del fruto de este cultivo.

Es de esta manera que, con la finalidad de evaluar el efecto de cuatro porcentajes de sombra (47%, 55%, 63% y 73%) en el rendimiento del cultivo de piña (*Ananas comosus L Merr.*) híbrido MD 2 para exportación y venta local, se realizó la investigación tomando en cuenta las características de temperatura, humedad relativa, altitud, latitud y tipo de suelo del lugar de ubicación de la finca.

Los porcentajes de sombra fueron proporcionados por una malla conocida como “sarán o polisombra” fabricada con finas, pero a la vez resistentes, fibras de polietileno compuestas con un aditivo UV que la protege de efectos causados por el tiempo, climas variados y que generalmente, es utilizada en la agricultura para la protección de cultivos.

La investigación se realizó utilizando un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones, manejando unidades experimentales constituidas por un área de 0.0168 hectáreas, para un área total de investigación de 0.336 hectáreas.

La investigación dio inicio a los 39 días después de la inducción floral (forza) y se realizaron tomas de datos una vez al día, durante 30 días en las unidades experimentales, en donde se determinó que los porcentajes de sombra al 55%, 63% y 73% no generan una mejora en el rendimiento del cultivo, no ayudan a mantener el balance de grados Brix - acidez de la pulpa de las frutas y no disminuyen el porcentaje de muerte de plantas dentro de la plantación de cultivo. Siendo el tratamiento con sombra al 47% el que presento mejor rendimiento y, es el que en la actualidad se utiliza en la finca, recomendando continuar con el uso del mismo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Marco conceptual cultivo de la piña (*Ananas comosus L Merr.*)

1.1. Origen y distribución

La piña es originaria de la América Tropical, especialmente de Brasil y Paraguay. Fue encontrada por Colón en el año 1493 en la Isla de Guadalupe, ya domesticada y ampliamente cultivada por los aborígenes. Su extraordinaria belleza y exquisito sabor impresionaron a los explotadores, quienes la llamaron piña por su semejanza con la fruta del pino, aunque su verdadero nombre de origen guaraní es Anana, de donde proviene su nombre científico. (Bravo, Fernández, Marcano, & Gallardo, 1997)

1.2. El mercado internacional de la piña, para Guatemala

Sajquim (2005) en su documento de graduación menciona que Guatemala exporta principalmente piña en fresco hacia los Estados Unidos Americanos, Alemania, México, El Salvador, Honduras y Nicaragua. En los últimos dos años, la exportación ha crecido de una manera acelerada. Los países que más importan piña son en su orden Alemania y los Estados Unidos Americanos. Debido al incremento de las áreas de siembra en nuestro país se prevé también un notable crecimiento en la exportación de dicho cultivo.

EL híbrido de piña MD2 más conocida como “Golden Extra Sweet” ha creado un movimiento de más de una forma: Es tan popular que ha empujado demanda de piña y precios, también ha inducido a una acción judicial compleja entre Dole y Del Monte sobre la propiedad del material de la planta. Más allá de Costa Rica, la piña está siendo producida en Honduras, Guatemala, Panamá, y un poco en Nicaragua.

1.3. Características del cultivo de la piña (*Ananas comosus L Merr.*)

Es una planta herbácea, monocotiledónea, perenne que mide hasta un metro de alto, con un tallo rodeado de 30 a 40 hojas, largas, gruesas y con espinas; en las variedades seleccionadas las espinas solo están en la punta de la hoja, en poco número, y la hoja en sí termina en una punta fina y dura como aguja. La fruta se forma sobre un pedúnculo de unos 100 a 150 mm de largo en el ápice del tallo.

La fruta es compuesta, ya que las flores de color lavanda, junto con sus brácteas adheridas a un eje central (corazón), se hacen carnosas y se unen para formar la fruta de la piña, la cual madura cinco meses después de la floración. Las frutas se producen comercialmente con pesos que van de 1,25 a 3,5 Kg. (Jiménez, 1999)

1.4. Partes de la planta

Según Jiménez (1999) describe las partes de la piña de la siguiente forma:

- a) *El tallo*. Está anclado al suelo por medio del sistema radical; una vez desarrollado mide hasta 80 a 100 mm de diámetro. Posee las yemas para el desarrollo de retoños y raíces.
- b) *Retoños y estructuras para reproducción vegetativa*. De las yemas del tallo salen los *retoños* propiamente dichos. Del pedúnculo de la fruta salen hijos y de la parte superior de la fruta sale la *corona*. Todos poseen yemas de raíces. Una cuarta estructura llamada *hapa* (mitad hijo, mitad retoño) se encuentra entre el eje de las hojas y el pedúnculo.
- c) *Hojas*. En una planta madura existen de 60 a 80 hojas adheridas al tallo, en un arreglo espiral. Las hojas poseen venas paralelas y tienen espinas, excepto en Cayena Lisa; sin embargo, esta posee el gen recesivo de espinas, que se puede manifestar bajo situaciones de stress. Retienen un 7% del agua absorbida por las raíces. Las hojas están cubiertas de un polvo blanco llamado tricomas que protegen a la hoja de la pérdida de agua; los estomas están en el envés de las hojas, controlando la transpiración por medio de las células guardianas o buliformes. Las hojas reciben una clasificación para conocer su edad y sus posteriores en el análisis.
La hoja está dividida en tres secciones: la base blanca, el medio y la punta. La base blanca se usa para determinar los niveles de potasio, calcio, magnesio, fósforo; el medio se usa para determinar nitrógeno, hierro y azufre.
- d) *Raíces*. Las plantas recién sembradas poseen raíces primarias de corta vida. En general, la mayoría de las raíces son fibrosas, adventicias secundarias. Las raíces que están en contacto con el suelo son cortas y huecas, excepto en suelos bien aireados.

e) *Inflorescencia y fruta*. La inflorescencia empieza en el ápice de tallo como un cono, el cual pasa por varias etapas y produce flores de color lavanda. Las flores de la base se abren primero; en 20 días todas las flores se abren. Se producen de 100 a 200 flores por inflorescencia y el desarrollo de la fruta es partenocárpico. Sin embargo, puede ocurrir polinización cruzada, por lo que se producirán semillas. La piña es una fruta compuesta cuyo corazón es una extensión del pedúnculo. La fruta es un racimo de frutículos individuales. Cada frutículo está formado o se origina por medio de las siguientes estructuras:

- Una bráctea por frutículo.
- Un sépalo por bráctea.
- Una flor de tres pétalos que consta de:
 - Seis estambres.
 - Un estigma de tres lóbulos.
 - Tres ovarios.
 - Tres óvulos en tres carpelos.

La inflorescencia consiste en cuatro etapas:

- 1ª Pétalo temprano.
- 2ª Dos tercios de medio pétalo.
- 3ª Pétalo tardío.
- 4ª Pétalo pasado.

Las etapas en la formación del fruto después de la inducción floral son tres:

Dos meses después de la inducción floral:

- 1ª Media pulgada de corazón abierto.
- 2ª Cono:
 - Cono temprano.
 - Medio cono.
 - Cono tardío.

3ª Pétalo:

- Temprano.
- Medio.
- Tardío.
- Pasado.

La parte comestible de la fruta se desarrolla a partir de los ovarios y la fusión de las bases de los sépalos y brácteas. De manera que cada “ojo” es la parte superior de un frutículo originado en una sola flor. Cuando la fruta está desarrollada, madura de la base hacia arriba, razón por la cual esta parte es más dulce. Aunque el clima, en especial la temperatura, afecta el contenido interno de la fruta, la fruta madura contiene de 10 a 15% de azúcares y de 0,3 a 1,5% de acidez total.

1.5. Inducción floral

Uno de los aspectos más importantes, si no el más importante, es la inducción floral de la cual depende la producción uniforme de la fruta. Hay dos formas de realizar esta labor comercial y eficiente: aplicando Ethrel y aplicando gas etileno. Esta operación se realiza a los ocho o nueve meses después de la siembra o cuando las plantas hayan alcanzado un peso promedio de 2,5 a 2,7 kg. (Jiménez, 1999)

1.6. Protección contra la quema de sol

Se trata de proteger la fruta que está al lado de los caminos y drenajes. Esto es más importante durante la época seca y en segunda cosecha. La protección consiste en amarrar las plantas de las orillas con cordel plástico para evitar que se vuelquen. El cordel corre a lo largo y periódicamente se sujeta a alguna planta para mantenerlo tenso. (Jiménez, 1999)

1.7. Nutrición de la planta de piña

La piña tiene requerimientos nutricionales específicos. La carencia o exceso de algunos elementos puede afectar la apariencia, vitalidad y calidad de la planta y, en consecuencia, de la fruta. De acuerdo a Jiménez (1999) la aplicación de los elementos que a continuación se describen es esencial para lograr los rendimientos y la calidad deseados.

- a) *Nitrógeno*. El nitrógeno es normalmente deficiente en la mayoría de los suelos; se requiere más nitrógeno en las áreas de gran intensidad lumínica.

El nitrógeno se vuelve cada vez más importante a medida que las plantas crecen y hasta poco antes de la inflorescencia. Los síntomas de la deficiencia de este elemento son un amarillamiento general de las hojas. Se debe tener cuidado con el balance nutricional, ya que una alta nutrición con nitrógeno y deficiencia en potasio puede ocasionar atraso en la floración. También un alto nivel en la planta de nitrógeno a la hora de la inducción floral evita que las plantas respondan al estímulo de la floración. Por tal causa el color de las hojas No.1 debe estar en un 15%.

- b) *Fósforo*. Cuando se presentan los síntomas de la deficiencia de fósforo, ya es demasiado tarde para ejercer alguna acción correctiva. Estos síntomas consisten en que las puntas se secan; sin embargo, eso lo causan también otros factores. La mejor acción correctiva es aplicar suficiente fósforo a la hora de la siembra; un mínimo de 25 ppm de P disponible es necesario para un crecimiento óptimo de la piña.
- c) *Potasio*. Los síntomas de la deficiencia de potasio consisten en que las hojas nuevas se mueren y las hojas en general se ven angostas y acanaladas. Un bajo nivel nutricional de potasio y uno alto de nitrógeno pueden causar anomalías en la fruta, tales como una corona con excesos de crecimiento, dobles coronas y fasciación. El potasio se vuelve muy importante a medida que la planta se hace más vieja, en especial desde el momento inmediato antes de la fructificación. Debe haber en el suelo un mínimo de 150 a 350 ppm de potasio disponible.
- d) *Hierro*. Las plantas con deficiencia de hierro presentan una clorosis debido a que no absorben nitrógeno eficientemente. Las hojas de la corona se ponen amarillas y las áreas entre venas primero se ponen amarillas; en casos severos las plantas se vuelven rojo-púrpura. Esto se exagera más si hay falta de humedad en el suelo. Si el pH es muy alto o muy bajo el hierro no está disponible. Es preciso aplicar sulfato ferroso a razón de 6 a 17 kg/ha, dividido en aplicaciones foliares semanales previo a la inducción floral.
- e) *Calcio*. La deficiencia de calcio hace que las hojas se vuelvan gruesas, moteadas y necrosadas en el corazón de la planta. Las hojas se quiebran cerca de la base y se hacen cada vez más cortas. La fructificación se hace impredecible y es deforme.

- f) *Magnesio*. Las hojas inferiores se vuelven cloróticas, con necrosis en las puntas, el contenido de magnesio decrece con la edad de la planta.
- g) *Zinc*. Los síntomas se presentan como hojas curvadas, torcidas y las plantas se ven torcidas y con el desarrollo detenido. Se pierde el predominio del meristemo apical y hay un aumento en la producción de retoños, en la fruta se observa la corona pequeña y como roseta. Debe aplicarse de seis a 16 kg/ha de sulfato de zinc en aplicaciones foliares semanales y, si resulta necesario, después de pétalo seco.

1.8. Requerimientos climáticos y edáficos de la piña

1.8.1. Temperatura

La temperatura es determinante en la calidad de la fruta. Por ejemplo, la baja temperatura induce el sabor ácido, y el tiempo caliente y húmedo reduce la acidez. Las temperaturas mínimas para una buena producción, son de 15.5 a 16 °C. La planta tiene muy poca resistencia a las heladas. Las noches frescas con temperaturas de 15.5 a 16 °C facilitan la inducción floral, pero temperaturas de 5 °C durante 48 horas pueden causar daño a las frutas. (Jiménez, 1999)

1.8.2. Precipitación

La piña es poco exigente en agua pues sus condiciones morfológicas favorecen un mejor aprovechamiento de ella. La precipitación óptima es entre 1.200 a 2.000mm; sin embargo, lo importante es la distribución de ésta a través del ciclo del cultivo. (Gonzáles, 2010)

1.8.3. Luminosidad

Es un factor muy ligado a la temperatura y a veces no se puede determinar la parte que corresponde a cada uno de esos factores. La luminosidad ejerce una acción muy marcada en el rendimiento.

Investigaciones han demostrado que a cada disminución de las radiaciones en un 20% corresponde una disminución media en el rendimiento, cosa que está ciertamente en relación con la síntesis de los hidratos de carbono en las hojas y con la utilización del nitrógeno por la planta; además, influye en la floración del fruto, luminosidad normal presenta un aspecto brillante. (Gonzáles, 2010)

1.8.4. Altitud

Está relacionada con luminosidad y temperatura, por ejemplo, la floración es más temprana en lugares altos, por conjugación de periodos de poca luminosidad y descenso en la temperatura. El ciclo de la planta es por lo general, tanto más corto cuanto más cercano esté la plantación al Ecuador y, en una misma latitud más corta cuando más cercana se haya al mar. Lo óptimo es alcanzar 100 horas luz como promedio. (Gonzáles, 2010)

1.8.5. Viento

La piña es poco resistente a largos períodos de viento, disminuyendo su talla hasta en un 25% cuando va acompañada de lluvias abundantes los hongos penetran por heridas o roturas que pueden causarse por el frotamiento de las mismas hojas. (Gonzáles, 2010)

1.8.6. Suelo

El suelo ideal es el de origen volcánico con buen drenaje, o un suelo franco arenoso con buen drenaje, el pH de 5 a 6 es bueno para la piña. Si el pH es más bajo o más alto se producen deficiencias nutricionales de elementos como el hierro, el zinc u otros, y se desarrolla un ambiente para las enfermedades *Phytophthora cinnamomi* se desarrolla más en pH bajo, mientras que *Phytophthora parasitica* en suelos más alcalinos. Por otro lado, los suelos con alto contenido de manganeso amarran al hierro, mientras que alto contenido de fósforo amarra al magnesio. (Jiménez, 1999)

1.9. Principales cultivares de piña

Las variedades o cultivares de piña pueden clasificarse en base a su uso y en base al color de la pulpa. Según su uso pueden ser industria y consumo en fresco. El color de la pulpa puede ser blanca o amarilla.

Se reconocen en la actualidad cuatro grupos principales de cultivares: “Cayenne” (de pulpa amarilla), “Queen” (de pulpa amarilla), “Spanish” (de pulpa blanca) y “Abacaxi” (de pulpa amarilla). (Guido, 1983)

1.10. Híbrido MD-2

Este híbrido se caracteriza por su madurez temprana, ya que crece rápidamente y llega a tener un peso adecuado para la inducción floral tres meses antes que la variedad Champaka, dependiendo de las condiciones de desarrollo y tiempo del año.

La planta de MD-2 produce una fruta de hombros cuadrados sobre un pedúnculo corto y dos o más retoños. La pulpa es firme, con mejor aroma y mejor grados brix. (Jiménez, 1999) citado por (González, 2010)

1.11. Topografía

Desde el principio se debe conocer el perfil del suelo del terreno, para planificar las mejores condiciones para cada situación.

Uno de los más importantes efectos que se originan con los estudios topográficos es el diseño de la siembra, el cual debe mantener muy en cuenta los criterios de conservación de suelos para evitar los efectos destructores de la erosión. Los criterios para la altimetría son:

- En terrenos con pendientes *mayores* a 2% y en donde se va a controlar la escorrentía y el drenaje superficial, las curvas deben medirse cada 1,5 m
- En terrenos con pendientes *menores* de 2% y en donde se va a diseñar el drenaje o un sistema de riego, las curvas deben medirse cada 0,5 m.

Los planos que se confeccionen deben mostrar todas las instalaciones permanentes, tales como caminos existentes, canales, arroyos, alcantarillas, puentes y también terrenos con pasturas, otros cultivos o baldíos. (Jiménez, 1999)

1.12. Preparación del terreno

Una buena preparación del terreno es muy importante para facilitar la siembra y permitir el rápido crecimiento de las raíces. Se recomienda arar a una profundidad de seis a ocho pulgadas y de ocho a 12 pulgadas si se va a encamar.

Posteriormente, realizar de dos a tres pases de rastra para que el terreno quede bien suelto.

Entre los implementos que se utilizan para estas labores se tienen, el arado de disco, roma, semi-roma y la rastra liviana o rotatiler. Se recomienda la siembra en camas levantadas o surcos entre 20 a 25 cm y de aproximadamente 80 cm de ancho cuando se van a utilizar altas densidades de siembra, para obtener un buen sistema radicular y buen drenaje.

Es importante construir zanjas para sacar el agua superficial del terreno, distanciada en 20 a 40 metros una de otra, con una pendiente del 2% para evitar la erosión, respetando los canales secundarios naturales.

Cuando el terreno tiene más del 15% de pendiente se recomienda realizar la siembra en contorno o dirección de las curvas a nivel. (OIRSA, 1999)

1.13. Tratamiento y selección de la semilla

La propagación o reproducción de la Piña se realiza por el método asexual, utilizando los retoños que emergen de las diferentes partes de la planta, conocidos como coronas, bulbillos y yemas axilares.

Es indispensable que el material de propagación que se vaya a utilizar en la siembra provenga de semilleros certificados, utilizando material uniforme, del mismo tamaño o peso, para la obtención de parcelas con plantas similares. Antes de la siembra se recomienda desinfectar la semilla haciendo una inmersión en un insecticida y fungicida, para prevenir el ataque de plagas y enfermedades.

El tratamiento consiste en sumergir la semilla en la "solución" por un tiempo de aproximadamente un minuto y luego se deja secar al aire libre por 24 horas o más para posteriormente sembrarlas y evitar intoxicaciones en los jornaleros. (Jiménez, 1999)

Los productos químicos más utilizados con muy buenos resultados son: Insecticida: Basudín o Diazinón a 280 cc en 200 litros de agua. Fungicida: Ridomil Mz 72 a un kilogramo en 200 litros de agua. Estos productos van mezclados en el mismo recipiente que se usa para la desinfección. (OIRSA, 1999)

1.14. Época de siembra

Generalmente, la siembra se inicia con las primeras lluvias de la temporada y se prolonga hasta el mes de septiembre. Con el uso del riego, la siembra puede realizarse durante todo el año, por lo tanto, ésta se puede programar, trayendo como beneficio la obtención de cosechas en forma escalonada y continua, para suplir el mercado. (OIRSA, 1999)

1.15. Densidades de siembra

A lo largo del tiempo han existido muy diversas densidades de siembra. Esto varía según el clon, la región y los objetivos del cultivo, como se muestra en el cuadro uno.

Cuadro 1. Distanciamiento y densidades de siembra.

| Centro a centro de lomillo | Entre hileras | Entre Plantas | Densidad/ha | Ajuste de densidad |
|----------------------------|---------------|----------------|-------------|--------------------|
| 5'6" | 22" = 55,8cm | 12" = 30,48cm | 39335 | 35759 |
| 5' | 20" = 50,8cm | 12" | 43219 | 39289 |
| 5' | 20" | 10" = 25,40cm | 51832 | 47120 |
| 4'7" | 20" | 10" | 56544 | 51403 |
| | | 9" = 22,86cm | 78198 | 71089 |
| | | 10" = 25,40cm | 70440 | 64036 |
| 44" | 20" | 10.5" = 26,6cm | 67095 | 60996 |
| | | 11" = 27,94cm | 64045 | 58223 |
| | | 12" = 30,48cm | 58708 | 53371 |

Fuente: Jiménez, (1999).

Si se desea fruta más pequeña, se aumenta el número de plantas por hectárea. Normalmente, el tamaño de la fruta disminuye aumentando aproximadamente 43 gramos por cada 1000 plantas adicionales en densidades mayores de 43000 plantas por hectárea. (Jiménez, 1999)

1.16. Siembra

Esta labor tradicionalmente se ejecuta en forma manual, aunque en el pasado se hicieron intentos para mecanizarla.

La operación consiste en:

- Marcar el área de trabajo para el día.

- Distribuir la semilla uniformemente en esa área.
- Colocar la cuerda con las marcas de la distancia de siembra.
- Sembrar: Se utiliza una herramienta que tiene forma de hoja de árbol y mide 6,5 cm en su parte más ancha y 18 cm de largo, con una empuñadura en ángulo para que sirva como punto de apoyo. En forma simultánea, con la semilla en la mano y con la herramienta en la otra, se introducen ambas en el suelo mullido.

Antes de sacar la herramienta del suelo se le da a la semilla un cuarto de vuelta, así un poco de suelo se introduce en las axilas y se logra un mejor anclaje. (Jiménez, 1999)

1.17. Plagas y enfermedades del cultivo de piña

Según Ávila (2011) en el Programa Estratégico para el desarrollo Rural sustentable de la región Sur – Sureste de México, indica las principales plagas y enfermedades del cultivo de piña que se mencionan a continuación:

1.17.1. Plagas

2. **Comején:** *Gnathamitermes tubidormans* Buckley.
3. **Gallina ciega:** *Phyllophaga* sp.
4. **Sinfílicos:** *Scutigerella sakimurai* Scheller.
5. **Piojos harinosos:** *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) y *Dysmicoccus neobrevipes* Beardsley, transmisores de los Virus de la Marchitez PMWaV-1, PMWaV-2 y PMWaV-3.
6. **Hormigas:** *Solenopsis geminata* Fabricius y *Pheidole megacephala* Fabricius, protectores y dispersores de los piojos harinosos entre plantaciones, plantas y entre los diferentes órganos de ellas.
7. **Ácaro rojo o Araña roja:** *Dolichotetranychus floridanus* Banks.
8. **Ácaro blanco o del fruto:** *Steneotarsonemus ananas* (Tryon).
9. **Trips:** *Thrips tabaci* (Linderman), transmisor del Virus TSWV.
10. **Barrenador del fruto:** *Thecla basilides* Geyer.
11. **Picudo negro o mexicano de las bromelias:** *Metamasius callizona* Chevrolat.
12. **Elaphria:** *Elaphria nucicolora* Gueneé.
13. **Grillo de campo:** *Acheta assimilis* (F.). Mayatillo o Escarabajo del fruto podrido: *Carpophilus hemipterus* L.

14. **Escama:** *Diapsis bromelia* (Kerner).
15. **Rata café o de campo:** *Sigmodon hispidus* Say and Ord.
16. **Urraca parda o “Pepe”:** *Cyanocorax morio* Wagler.
17. **Langosta:** *Schistocerca piceifrons* Walker.

17.1.1. Enfermedades

18. **Causadas por nematodos:** *Pratylenchus sp.*, *Meloidogyne spp.*, *Helicotylenchus sp.*, *Tylenchorhynchus sp.* y *Criconemoides sp.*
19. **Virus de la marchitez roja:** PMWaV-1, PMWaV-2 y PMWaV-3.
20. **Pudrición del cogollo:** *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *parasitica* Dast. Waterh.
21. **Pudrición del cogollo y raíz:** *Phytophthora cinnamomi* Rands.
22. **Pudrición de raíz:** *Pythium arrhenomanes* Drechs.
23. **Pudrición negra del tallo:** *Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn.
24. **Pudrición bacterial del cogollo:** *Erwinia chrysanthemi* Burkh.
25. **Mancha blanca de la hoja:** *Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn.
26. **Pudrición o colapso bacterial del fruto:** *Erwinia chrysanthemi* Burkh.
27. **Pudrición del “fruto verde”:** *Phytophthora cinnamomi* Rands.
28. **Corchosis inter-frutillos (IFC):** *Penicillium funiculosum* Thom.
29. **Frutillos “cuerudos” (LP):** *Penicillium funiculosum* Thom.
30. **Pudrición del corazón del frutillo (FCR) u “Ojo de gringa”:** *Penicillium funiculosum* Thom y *Fusarium moniliforme* Sheld.
31. **Pudrición negra o blanda del fruto:** *Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn.
32. **Pudrición del fruto por levaduras:** *Saccharomyces spp.*
33. **Fruto jaspeado:** *Erwinia herbicola* var. *ananas* (Serrano) Dye y *Acetobacter peroxydans* Visser & Hopft.
34. **Virus de la mancha amarilla:** TSWV o Virus del Bronceado del Tomate, transmitido por *Thrips tabaci* (Linderman) y *Frankliniella sp.*
35. **Mancha café del fruto:** desorden fisiológico.

1.18. Malezas

Según OIRSA (1999) en el cultivo de piña nacen malezas de hoja ancha o angosta; dependiendo de la zona y de la limpieza de la maquinaria o de la semilla de Piña que se va a sembrar.

El control de la maleza se inicia desde la preparación de la tierra, para lo que deben darse los pases de rastra necesarios que destruyan totalmente los residuos y desmenucen los terrones y el suelo quede lo suficientemente suelto para que permita establecer una película del herbicida preemergente por un período de 2 ½ meses o más; se requiere además que el suelo tenga algo de humedad al aplicar el herbicida. Aplicación de herbicidas con bomba de mochila Los herbicidas deben ser usados cuando la maleza todavía no ha germinado o cuando tiene de dos a tres hojas.

Los productos más utilizados han sido las Atrazinas, como Diurón, Karmex y Gesaprin, a razón de 1 kg por tanque de 200 litros de agua. Si hay persistencia de malezas, gramíneas, que son las más agresivas, se controlan con una aplicación de Fusilade a razón de 300 cc por tanque de 200 litros de agua. Es necesario realizar de 2 a 3 controles manuales con machete, para lograr eliminar totalmente la maleza hasta que el cultivo cierre.

La maleza Caña silvestre *Saccharum spontaneum*, es de importancia cuarentenaria, y se encuentra en las carcanías del canal de Panamá. Esta maleza puede ser controlada, con el corte de los tallos y luego al rebrote se aplica un herbicida como Fusilade o Roundup.

1.19. Cosecha

Según Coto (2014) la cosecha y el empaque constituyen las dos operaciones finales que se llevan a cabo en las plantaciones.

La entrega de fruta en óptimas condiciones en los mercados consumidores comprende tres aspectos básicos:

1. La madurez debe presentar un aspecto tan próximo como sea posible al grado de madurez natural en la planta.
2. Las características organolépticas generales deben ser naturales y no alteradas por ninguna circunstancia.

3. La fruta debe estar libre de golpes o efectos de organismos patógenos.

Características que pueden colaborar en la determinación de la cosecha:

Existen criterios generales para la definición del momento en que se deben cosechar los frutos de diversas especies, géneros o familias; entre ellos se mencionan:

- Índice de respiración y concentración de etileno.
- Tiempo entre la floración y la maduración.
- Coloración de semillas.
- Reconversión de almidón.
- Color de fondo de la cáscara.
- Firmeza de la pulpa.
- Índice refractométrico (brix).
- Concentración de ácidos orgánicos y azúcares en los jugos.

Si bien los anteriores criterios son en teoría los que definen el estado de "cosecha", como se puede comprender, en su mayoría no son aplicables para el caso de la piña. En esta fruta, los controles, como se ha anotado, se llevan desde el inicio de la siembra para efectos de la programación de la cosecha; posteriormente, considerando la edad del cultivo y las muestras de grados Brix (sólidos solubles), se toma en primer lugar la decisión de la maduración hormonal y luego de esta, con base en el cambio de color de la cáscara, la decisión de su cosecha.

En este caso, la cosecha se realiza con una cosechadora en donde la fruta se deposita en bandas transportadoras hacia un cajón situado al final en donde personal bien adiestrado la deposita.

La forma en que se coloca la fruta debe asegurar el mínimo posible de golpes, esto supone que los trabajadores manipulen la fruta con el mayor cuidado. Al colocarla en los cajones, la fruta que toca el fondo debe situarse con la corona hacia abajo igual que en los dos niveles superiores siguientes.

1.20. Postcosecha

En el sitio web Infoagro (2019) a cerca del cultivo de piña, menciona el manejo de la postcosecha de la siguiente manera:

- Efectos del Etileno

La exposición de las piñas al etileno puede dar lugar a un desverdizado ligeramente más rápido de la cáscara (pérdida de clorofila) sin afectar la calidad interna. Las piñas deben cosecharse cuando adquieren madurez de consumo debido a que no continúan madurando después de la cosecha.

- Efectos de las Atmósferas Controladas (AC)

- 3-5% O₂ y 5-8% CO₂
- Los beneficios de la AC incluyen retraso de la senescencia y reducción en la tasa de respiración.
- Vida postcosecha potencial: 2-4 semanas en aire y 4-6 semanas en AC a 10°C, dependiendo del cultivar y del grado de madurez.
- Debe evitarse la exposición a concentraciones de O₂ inferiores al 2% y/o de CO₂ superiores al 10% debido a que pueden desarrollarse sabores desagradables.
- El encerado puede aplicarse para modificar las concentraciones internas de O₂ y CO₂ de la fruta en forma suficiente como para reducir la incidencia y severidad del manchado interno pardo.

- Daños Físicos y Fisiopatías

- Daño por frío (Chilling injury). La exposición de las piñas a temperaturas inferiores a 7°C puede producir daño por frío. Las frutas maduras son menos susceptibles que las inmaduras o las parcialmente maduras. Los síntomas incluyen color verde opaco (el desverdizado de la cáscara no ocurre apropiadamente), áreas translúcidas o de apariencia acuosa en la pulpa, oscurecimiento del tejido del corazón, mayor susceptibilidad a las pudriciones, y marchitamiento y pérdida de color de las hojas de la corona.

- Manchado pardo interno o corazón negro (endogenous brown spot or black heart). Generalmente, se le asocia con la exposición de las piñas a bajas temperaturas antes o después de la cosecha; por ejemplo, inferiores a 7°C por una semana o más.

Los síntomas son áreas translúcidas, de apariencia acuosa, pardas que comienzan en la zona del corazón y se alargan hasta que el centro completo se torna pardo en casos severos. El encerado es efectivo para reducir los síntomas del daño por frío. Un tratamiento con calor a 35°C por un día reduce los síntomas de esta fisiopatía en piñas transportadas a 7°C debido a que limita la actividad de polifenol oxidasa y consecuentemente el pardeamiento del tejido.

- Enfermedades

- Pudrición por *Thielaviopsis* (pudrición negra - black rot; ampolla acuosa - water blister) causada por *Thielaviopsis paradoxa*, siendo la enfermedad más grave de postcosecha; puede comenzar en el tallo y avanzar a través de la mayor parte de la pulpa con sólo un oscurecimiento ligero de la piel como síntoma externo. Este oscurecimiento se debe a la salida de agua de la piel que se encuentra sobre las porciones dañadas de la pulpa.

A medida que la pulpa se ablanda, la piel encima de ella se rompe fácilmente bajo una presión ligera.

- Fermentación por levaduras causada por *Saccharomyces spp*, generalmente se le asocia con fruta sobremadura. Las levaduras entran a la fruta a través de heridas.

La pulpa se vuelve blanda, de color amarillo brillante y pierde continuidad debido a la presencia de cavidades con gas (bióxido de carbono y otros compuestos volátiles producto de la fermentación).

- Estrategias de Control
 - o Manejo cuidadoso para minimizar daños mecánicos.
 - o Inmediato enfriamiento y mantenimiento de la temperatura y humedad relativa óptimas a través de todas las operaciones del manejo postcosecha.
 - o Aplicación de fungicidas tales como thiabendazol (TBZ).

2. Marco Referencial

2.1. Localización del experimento

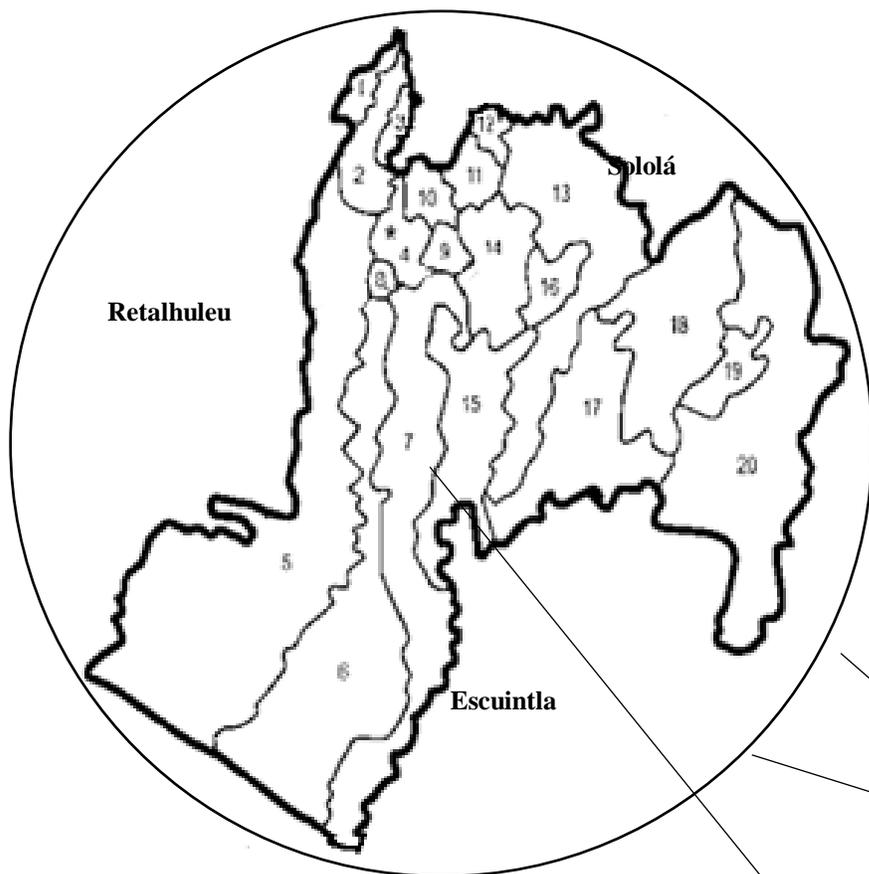
La investigación se llevó a cabo en el lote tres del pante número 9010296 en finca San Luis, finca que se encuentra localizada en parcelamiento San Mauricio del municipio de Santo Domingo del departamento de Suchitepéquez, Guatemala (ver figura uno), a una distancia de 176 kilómetros de la Ciudad Capital por la carretera Interamericana CA-2. Con una latitud norte 14°13'45" y longitud oeste 91°29'56" a una altura de 42 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente la finca limita al norte con finca La Colocha, al sur con finca Lupita, al este con fincas Las Pilas y las Marías y al oeste con fincas San Rafael y Covadonga.

Las temperaturas promedio anuales se encuentran entre los 19 y 37 grados Centígrados.

La humedad relativa promedio para la zona en la que se encuentra ubicada la finca es del 85% teniendo un fotoperiodo diario promedio de 12 horas, los vientos son muy variables.

Los suelos de la finca son generalmente profundos, de textura arcillosa, de topografía ondulada, poco drenados, color café claro, de buena retención de agua y de buena capacidad para el intercambio de nutrientes a la planta. La precipitación promedio anual va de 1450 mm a 1600 mm distribuidos entre los meses de mayo a octubre.

Suchitepéquez, departamento de Guatemala



República de Guatemala



Municipios de Suchitepéquez

| |
|---------------------------------------|
| 1. Pueblo Nuevo |
| 2. San Francisco Zapotitlán |
| 3. Zunilito |
| 4. Mazatenango |
| 5. Cuyotenango |
| 6. San Lorenzo |
| 7. Santo Domingo Suchitepéquez |
| 8. San Gabriel |
| 9. San Bernardino |
| 10. Samayac |
| 11. San Pabo Jocopilas |
| 12. Santo Tomás La Unión |
| 13. Chicacao |
| 14. San Antonio Suchitepéquez |
| 15. San José El Ídolo |
| 16. San Miguel Panán |
| 17. Río Bravo |
| 18. Santa Bárbara |
| 19. San Juan Bautista |

Santo Domingo, Suchitepéquez.



Figura 1. Localización geográfica del parcelamiento San Mauricio, en el municipio de Santo Domingo, Suchitepéquez.

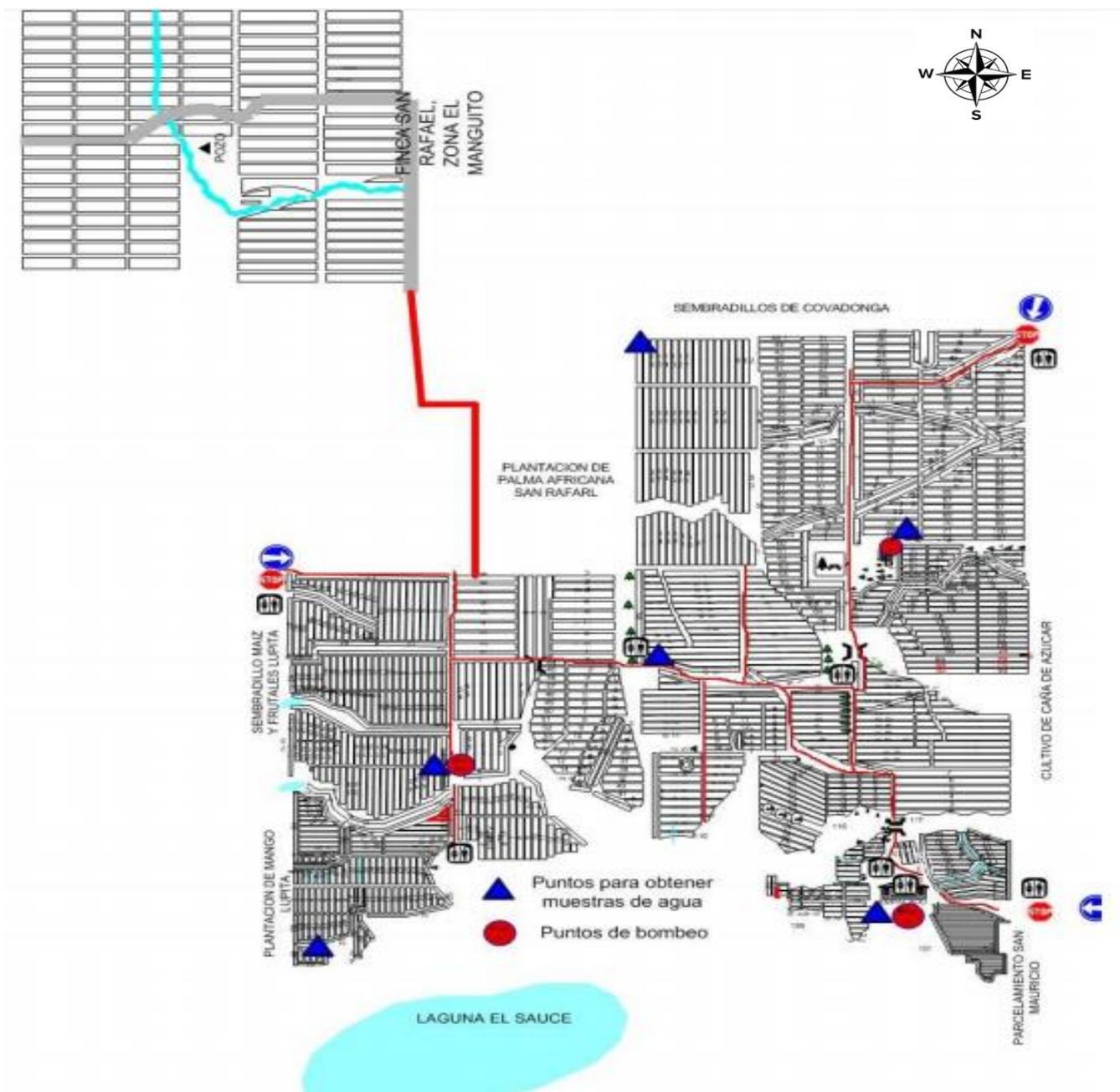


Figura 2. Croquis de Finca San Luis, Santo Domingo, Suchitepéquez.

Fuente: Administración Finca San Luis, (2019).

2.2. Descripción de las polisombras

Según el sitio web DistriLadam (2018) describe las polisombras de la siguiente forma:

La polisombra es un tipo de malla tejida la cual está fabricada con finas, pero a la vez resistentes fibras de polietileno. Esto se debe a que está compuesta con un aditivo UV que protegerá todo tipo de objetos y materiales de efectos como la decoloración y el deterioro que pueden ser causados por el tiempo y los climas variados. Generalmente, es utilizado en importantes sectores como la construcción, la floricultura, la ganadería y todo tipo de cultivos.

En el mercado actual, la polisombra se fabrica con distintos porcentajes de abertura, esto quiere decir que entre más alto sea su porcentaje de fabricación, más cerrados serán este tipo de orificios. Las escalas más utilizadas varían entre el 35% como el más bajo, 50%, 65% y finalmente 80% definido como el más alto. Las superficies o materiales protegidos se verán beneficiados en cuanto a la regulación de los niveles de agua, luz o temperatura a los que se encuentre expuesto.

Este tipo de malla es tan resistente que incluso puede proteger algunas áreas deseadas, en este caso cultivos, contra el granizo, los hongos, las heladas, los vientos fuertes, la neblina, el polvo, animales o insectos que puedan afectar su crecimiento y producción final.

Sin duda alguna es una efectiva barrera protectora que no dañará los productos, ya que su delgada textura permite una adecuada circulación de aire, evitando que se acumule calor en el interior de la cobertura. En algunos casos, acorta los periodos de producción, esto puede darse debido al control de temperatura que puede llegar a brindar.

En la investigación se utilizaron los siguientes porcentajes de fabricación de sarán.

- 47% fabricación (47% sombra).
- 55% fabricación (55% sombra).
- 63% fabricación (63% sombra).
- 73% fabricación (63% sombra).

2.3. Generalidades del manejo del cultivo

A continuación, de forma general se hace mención del manejo agrícola que se le brindó a la plantación donde se realizó la evaluación.

2.3.1. Preparación del suelo

Después de haber retirado los residuos de la plantación anterior y de las tuberías de riego se la preparación del terreno donde se estableció el cultivo fuente de la evaluación sostuvo la siguiente metodología:

1. Tapado de la red de drenajes.
2. Primer paso de rastra liviana.
3. Subsulado a profundidad que va de 40 a 45 centímetros y a una distancia entre ganchos de 45 centímetros.
4. Segundo y tercer paso de rastra con la finalidad de mullir el suelo que el subsulado dejó en la superficie.
5. Encamado (ver figura tres) y trazó de la red de drenajes.
6. Establecimiento de drenajes y colocación de puentes.
7. Acolchado de suelo con nylon color negro calibre 0.001.

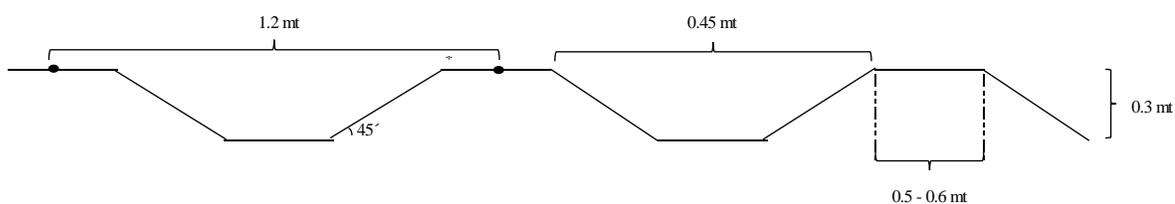


Figura 3. Medidas de las camas de siembra del cultivo.

2.3.2. Siembra

La siembra es un conjunto de actividades, mismas que se describen a continuación.

1. Corte de semilla:

El corte de cogollos (hijuelos) utilizados para la siembra dio inicio en el centro del semillero y se dirigió a los extremos, los cogollos se agruparon en los costados del semillero para facilitar su conteo (estibas de 50 unidades) y recolección, como se observa en la figura cuatro:

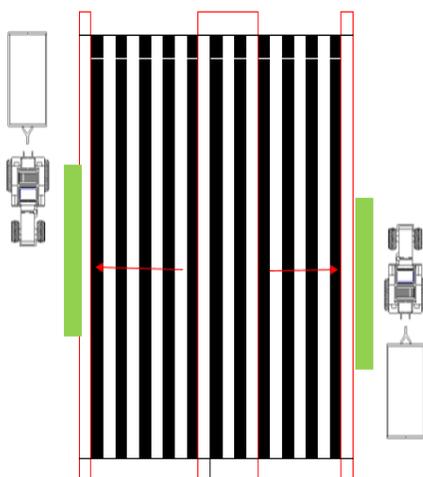


Figura 4. Distribución del corte y colecta de los cogollos utilizados para la siembra.

Los cogollos (hijuelos) fueron desprendidos de las plantas madre realizándoles un pequeño movimiento en forma de media luna o presionándolos hacia un costado evitando producirles daño. Los hijuelos cumplieron con los siguientes requerimientos:

- Peso especificado por el supervisor.
- Hijuelos sanos (sin plagas ni enfermedades) y sin daños mecánicos.

2. Carga, transporte y descarga de semilla:

Esta actividad se realizó dos veces, una antes de la desinfección y una después de la desinfección.

La primera fue desde las áreas de semillero, al centro de acopio y la segunda, del centro de acopio al área donde serán plantadas las semillas. Durante esta actividad se evitaron daños mecánicos a la semilla y el derrame de las semillas durante el transporte.

El transporte se realizó con un carretón especial con una compuerta lateral derecha que facilita la carga y descarga, una división transversal intermedia.

3. Clasificación de cogollos:

La clasificación de las semillas (cogollos) se realizó con base en el peso, la actividad dio inicio con la calibración de las balanzas (tara), seguidamente se pesaron los cogollos y se ubicaron según su peso.

La clasificación por peso de las semillas se presenta en el cuadro dos.

Cuadro 2. Clasificación de las semillas.

| <u>Peso (g)</u> | <u>Designación</u> | |
|-----------------|--------------------|--|
| 300 - 350 | Quinta | |
| 351 - 400 | Cuarta | |
| 401 - 450 | Tercera | |
| 451 - 500 | Segunda | Tamaño de las semillas utilizadas para la siembra de la plantación donde se realizó la evaluación. |
| 501 - 600 | Primera | |
| 601 - 700 | Super | |
| 701 - 800 | Super 1 | |

4. Desinfección de semilla:

Fue una actividad de suma importancia, ya que de ella dependió la protección y prevención eficiente del daño causado por plagas y enfermedades, para realizar esta actividad se utilizaron los siguientes agroquímicos:

- Fungicida
 - o Aliette® 80 WG (fosetil aluminio) en dosis de 0.5 Kg/Ha
- Insecticida
 - o Diazinón® 60 EC (diazinón) en dosis de 600 cc/Ha

El proceso de desinfección se desarrolló remojando las semillas en la mezcla durante tres segundos y se retiraron de la mezcla, seguidamente se dejaron escurrir con el follaje apuntando hacia el suelo para lograr el escurrimiento de la mezcla dentro del recipiente.

5. Siembra de semillas:

Con el lema “Una planta una piña” se desarrollaron siembras homogéneas con una densidad de 60000 semillas/hectárea, la siembra dio inicio con la distribución de áreas a sembrar dentro de los lotes.

El personal de siembra colocó una cuerda o pita marcada con el distanciamiento entre plantas sobre las camas, la cuerda se ubicó sobre el centro de las camas con la ayuda de estacas, esta cuerda fue la guía para abrir los agujeros para introducir las semillas. Los agujeros de siembra se abrieron con la herramienta conocida como “chuzo” con la medida de la hoja de 0.2 metros de largo por 0.1 metros de ancho y con una base cilíndrica de 0.5 metros. El chuzo se introdujo al suelo a una profundidad de 0.3 metros para que la semilla quedara bien anclada, al mismo tiempo se presionó la semilla y se le realizó una vuelta para eliminar las capsulas de aire que pudieron quedar a su alrededor.

Las densidades y distanciamientos utilizados en la finca son las siguientes:

Cuadro 3. Distanciamientos y densidades/hectárea utilizados en la finca.

| Densidad | Distanciamiento (Pulgadas) | |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------|
| | Entre hilera | Entre planta |
| 64,000 | 16 - 18 | 10 |
| 60,000 | 16 - 18 | 11 |
| 54600 | 16 - 18 | 12 |

2.3.3. Riego

El riego fue permanente durante los meses de noviembre a mayo proporcionando al suelo 50 centímetros cúbicos de agua a cada semana, fue un riego por aspersión con dispositivos distribuidos en cuadrículas con distanciamientos de 12 metros de largo por doce metros de ancho.

2.3.4. Aplicación de agroquímicos

A la plantación donde se realizó la evaluación se le proporcionaron 26 aplicaciones foliares de fertilizantes, 11 aplicaciones foliares de fungicidas, cinco aplicaciones de foliares de insecticida, una aplicación de gas etileno a los 11 meses de edad de la plantación para la inducción floral y dos aplicaciones de madurante tres meses después de la inducción floral.

2.3.5. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual arrancando las malezas durante todo el ciclo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha.

2.3.6. Cosecha

La cosecha se realizó con base en las necesidades de fruta que se tenían para cumplir la demanda de mercado internacional, las frutas se maduraron tres días antes de la cosecha y el indicador de cosecha fue la aparición de un color amarillento en la base de las frutas.

III. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro porcentajes de sombra en la etapa de floración del cultivo de piña (*Ananas comosus L. Merr.*), híbrido MD-2 en finca San Luis, Santo Domingo Suchitepéquez.

2. Objetivos específicos

- 2.1. Determinar la cantidad acumulada normal y uniformemente del flujo luminoso de lumen/m² sobre la superficie del cultivo de piña (*Ananas comosus L. Merr.*) en su periodo de floración.
- 2.2. Establecer qué porcentaje de sombra en la floración del cultivo, presenta el mejor rendimiento de fruta, por hectárea.
- 2.3. Realizar un análisis de rentabilidad para determinar qué porcentaje de sombra es el más adecuada para el cultivo de piña (*Ananas comosus L. Merr.*).

IV. HIPÓTESIS

- **Hipótesis nula**

Ho: Los cuatro porcentajes de sombra en estudio producirán el mismo efecto en la variable respuesta rendimiento de piña en cajas por hectárea.

- **Hipótesis alternativa**

Ha: Al menos un porcentaje de sombra en estudio tendrá un efecto distinto en la variable respuesta rendimiento de piña en cajas por hectárea.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

1.1. Material experimental

En la investigación se evaluaron cuatro porcentajes de sombra, cada porcentaje de sombra fue proporcionado por una polisombra o sarán elaborado con ciertos traslapes entre sus fibras que facilitan una cantidad de sombra sobre el área donde se utilizan, los porcentajes de sombra utilizados fueron los siguientes:

- Sarán de 47 % de sombra.
- Sarán de 55 % de sombra.
- Sarán de 63 % de sombra.
- Sarán de 73 % de sombra.

1.2. Recursos

Durante el proceso y desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes recursos:

1.2.1. Físicos

- 20 lienzos de sarán con medidas de 14 metros por 12 metros.
 - 5 lienzos de sarán al 47 % de sombra.
 - 5 lienzos de sarán al 55 % de sombra.
 - 5 lienzos de sarán al 63 % de sombra.
 - 5 lienzos de sarán al 73 % de sombra.
- Luxómetro marca *STEREN* graduado a 100X.
- 3 básculas Digitales sf-400A para uso doméstico escala 10 kg/1g, balanzas electrónicas de cocina con retroiluminación.
- 3 cintas métricas de dos metros.
- Formatos para colecta de información.
- Libretas de campo.
- Lapiceros.

1.2.2. Humanos

- 16 operadores.
- 2 supervisores.

1.3. Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por un área de 0.0168 hectáreas (14 metros de largo por 12 metros de ancho) y por 11 camas conformadas por hileras dobles de siembra (22 hileras/unidad experimental) con distanciamiento de 0.28 metros (11 pulgadas) entre planta por 0.43 metros (17 pulgadas) entre hilera, para un área total de investigación de 0.336 hectáreas. La investigación dio inicio a los 39 días después de la inducción floral (forza) en una plantación establecida durante el mes de mayo del año 2018, con una edad de 11 meses y con un peso promedio de forza de 7.5 libras/planta.

1.4. Diseño experimental

La investigación se realizó utilizando un diseño experimental bloques completos al azar (DBA), en el cual la variable respuesta (rendimiento en cajas por hectárea) dependió de un único factor (porcentaje de sombra), de forma que el resto de las causas de variación, se englobaron en el error experimental. Los tratamientos fueron asignados al azar en cada bloque. Se utilizaron cuatro tratamientos que se distribuyeron en cinco repeticiones.

1.5. Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

y_{ij} : valor de la variable respuesta Rendimiento de piña, en cajas por hectárea.

μ : efecto de la media general en Rendimiento de piña, en cajas por hectárea.

τ_i : efecto del i -ésimo porcentaje de sombra por unidad experimental.

β_j : efecto del j -ésimo bloque en estudio.

ϵ_{ij} : error experimental asociado a y_{ij} , utilizado como residuo a nivel de parcela, definido como: Error(b).

- Supuestos:

$$Y_{IJ} \sim \text{NID}, (0, \sigma^2)$$

El error experimental se distribuye de forma normal e independiente con media 0 y varianza constante.

1.6. Tratamientos y aleatorización

Se evaluaron tres tratamientos y un testigo relativo, que es el porcentaje de sombra utilizado en la finca, los tratamientos se describen de acuerdo al factor que se evaluó, en el cuadro cuatro.

Cuadro 4. Descripción de los niveles del factor porcentaje de sombra.

| Tratamiento | Factor | Niveles | Descripción |
|-------------|----------------------|---------|--------------------------|
| 1 | | A | 47% sombra (T. relativo) |
| 2 | Porcentaje de sombra | B | 55% sombra |
| 3 | | C | 63% sombra |
| 4 | | D | 73% sombra |

Como se observa en el cuadro cuatro, los porcentajes de sombra son únicos y diseñados para la investigación, ya que las empresas encargadas de la fabricación del sarán no comercializan estos porcentajes de sombra. Estos tratamientos fueron recomendados por la gerencia de la finca, tomando en cuenta que el porcentaje de sombra del 47% se tiene en existencia en la finca.

1.7. Croquis del experimento

La investigación se desarrolló en dirección del Sur al Norte, basada en el diseño de siembra de la finca, utilizando cinco bloques que incluyeron cada uno los cuatro tratamientos, el croquis se demuestra en la figura cinco.

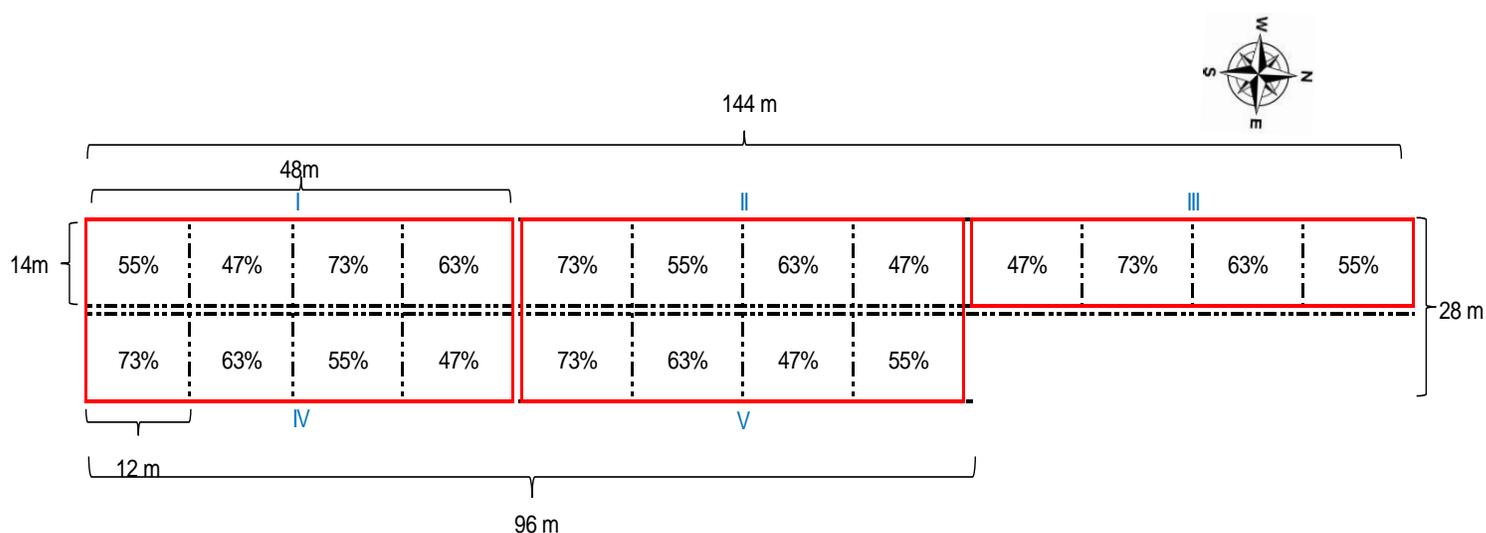


Figura 5. Croquis del experimento de campo.

2. Métodos

El manejo del experimento de la evaluación del efecto de cuatro porcentajes de sombra en la etapa de floración del cultivo de piña (*Ananas comosus L. Merr.*), híbrido MD-2 en finca San Luis, Santo Domingo Suchitepéquez en temporada de poca lluvia (verano), tuvo un ciclo con una duración de 20 semanas, dando inicio en el mes de marzo y finalizando en el mes de agosto del año 2019, desde la inducción floral hasta la cosecha.

2.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico realizado a los datos de la evaluación fue un análisis de varianza -ANDEVA- al 5% de significancia; se realizó utilizando el Software para Análisis estadístico de diseños experimentales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México "ANDEVA Nuevo León".

Además, se realizó una prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia en donde existió diferencia significativa.

2.2. Variable respuesta

2.2.1. Cantidad acumulada de lux por superficie en estudio

La unidad de intensidad de iluminación del Sistema Internacional, de símbolo "*lx*" conocida como "Lux" equivalente a la iluminación de la superficie evaluada que recibió normal y uniformemente el flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado fue determinada de la siguiente manera:

32 días después de haber realizado la inducción floral se realizó la colocación de los saranes sobre las unidades experimentales, a partir de los 39 días hasta los 69 días después de la inducción floral (30 días de estudio), se realizó la determinación de la cantidad acumulada normal y uniformemente del flujo luminoso.

La intensidad lumínica (lux) se midió con un luxómetro (figura 27) graduado a 100X, de manera diaria en horario comprendido entre las 12:00 horas a 13:00 horas, siendo este horario el de iluminación solar más intensa en la finca.

Las tomas de lux se realizaron en el interior del área de cada unidad experimental (por cada tratamiento) y fueron tabulados los datos para realizar la suma global de lux acumulados durante el tiempo de estudio; además, se tomaron datos en la parte externa de las unidades experimentales para obtener la cantidad de lux sin utilizar cobertura y, así determinar *la cantidad acumulada de lúmenes que afectan la superficie, en el periodo de floración del cultivo.*

Además, se realizó el análisis para observar la cantidad en la que difiere el porcentaje de sombra de cada sarán que expresa el fabricante y el porcentaje de sombra real que estos proporcionan en el campo, utilizando la siguiente metodología:

Cuadro 5. Promedios de lux utilizados para realizar la diferenciación de porcentajes de sombra proporcionados por el fabricante versus los porcentajes de sombra proporcionados en el campo.

| | |
|--|--|
| Promedio de Lux diario en el interior de la unidad experimental. | Promedio de Lux diario en el exterior de la unidad experimental. |
|--|--|

En el cuadro cinco se observan los datos que fueron utilizados para realizar los cálculos matemáticos para determinar el porcentaje de sombra de los saranes proporcionados en el campo.

Esta serie de cálculos matemáticos se efectuaron realizando la resta del promedio de lux diario en el exterior de la unidad experimental menos el promedio de lux diario en el interior de la unidad experimental, esta diferencia se dividió dentro del promedio de lux diario en el exterior de la unidad experimental para obtener el cociente que es el dato final del porcentaje de sombra proporcionado por los saranes en el campo.

$$\left(\begin{array}{l} \text{Promedio de Lux} \\ \text{diario en el interior} \\ \text{de la unidad} \\ \text{experimental.} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Promedio de Lux} \\ \text{diario en el exterior} \\ \text{de la unidad} \\ \text{experimental.} \end{array} \right) / \begin{array}{l} \text{Promedio de Lux} \\ \text{diario en el exterior} \\ \text{de la unidad} \\ \text{experimental.} \end{array} = \begin{array}{l} \% \\ \text{sombra} \\ \text{en campo} \end{array}$$

De esta manera se obtuvo el porcentaje de sombra real que se alcanza en el campo para ser comparado con el porcentaje de sombra que menciona el fabricante.

2.2.2. Rendimiento de piña en cajas por hectárea

Esta variable respuesta se refiere a la cantidad de cajas de fruta con calidad de exportación que se producen por hectárea, las medidas de la caja son de 24 pulgadas de largo por 16 pulgadas de ancho y cinco pulgadas de alto y su denominación la da la cantidad de frutas que llega a contener cada caja.

Según el área de empaque de finca San Luís, el peso de las frutas para su exportación se divide en tres términos (ver figura 25 en anexos), los cuales se incluyen en la variable respuesta y describen a continuación:

- Cajas de cinco: Incluyen cinco frutas por caja con un peso máximo de 6.02 libras y un peso mínimo de 4.9 libras.
- Cajas de seis: Incluyen seis frutas por caja con un peso máximo de 4.89 libras y un peso mínimo de 4.09 libras.
- Cajas de siete: Incluyen siete frutas por caja con un peso máximo de 4.08 libras y un peso mínimo de 3.49 libras. (ver figura 20 en anexos)

Para la determinación del rendimiento del cultivo se cosecharon las unidades experimentales que conformaron cada tratamiento, se utilizaron las frutas pertenecientes a las parcelas netas (200 frutas/unidad experimental cosechadas en el centro de la unidad experimental cuyo indicador de cosecha fue el color amarillo en la base de las frutas) y se les midió el peso.

Este peso fue medido con unas básculas Digitales sf-400A para uso doméstico a escala 10 kg/1g, graduada en gramos (ver figura 19 en anexos).

Posterior al cálculo del peso promedio de las frutas por cada tratamiento se ubicaron en las categorías de cajas de fruta/hectárea al que correspondieron, seguidamente se realizó la resta del porcentaje de cajas de fruta perdidas por plantas muertas/hectárea (influyen directamente en el rendimiento) al rendimiento potencial de cajas de fruta por hectárea, utilizando la siguiente fórmula:

$$\begin{array}{rcccl} \text{Número potencial} & & \text{Número de cajas} & & \\ \text{de cajas de} & & \text{de fruta perdidas} & & \\ \text{fruta/hectárea} & - & \text{por efecto de la} & = & \text{Cajas de} \\ & & \text{muerte de} & & \text{fruta/hectárea} \\ & & \text{plantas/hectárea} & & \text{(Rendimiento)} \end{array}$$

A los datos obtenidos de la variable “rendimiento de piña en cajas por hectárea” se le realizó un análisis de varianza -ANDEVA- al 95% de confianza utilizando el Software de la universidad autónoma de Nuevo León “ANDEVA Nuevo León”, en donde se establecieron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que, se realizó una prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia.

Así mismo y para aprovechar al máximo la información proporcionada por la investigación se tomaron datos como el diámetro de la base de las frutas, diámetro del ápice de las frutas, longitud de frutas y coronas.

2.2.3. Diámetro basal y apical de la fruta

Para obtener el diámetro promedio de la base y ápice de las frutas fue utilizada una cinta métrica (cinta de costurero) con una longitud de dos metros y los datos se obtuvieron realizando la medición de las circunferencias de la base y ápice de las frutas, estos datos fueron divididos dentro de pi (π : aproximadamente 3.14159265358979323846) para obtener los datos finales. (ver figuras 20 y 21 en anexos)

2.2.4. Longitud de fruta y longitud de corona

La longitud de fruta se obtuvo midiendo la distancia que hay desde la base hasta el ápice de la fruta y la longitud de la corona se obtuvo midiendo la distancia que hay desde la base hasta el ápice de la corona, ambos procesos se realizaron utilizando una cinta métrica (cinta de costurero) con una longitud de dos metros (ver figuras 22 y 23 en anexos).

2.2.5. Análisis de rentabilidad con presupuestos parciales

Para determinar que tratamiento es el más rentable, se realizó un análisis de rentabilidad con presupuestos parciales para la variable rendimiento de piña en cajas de fruta por hectárea ya que se presentaron diferencias significativas en los tratamientos utilizados.

El análisis de rentabilidad se llevó a cabo realizando una serie de cálculos que se enumeran a continuación:

1. Estimación de costos que varían (CV): Debido a que en esta investigación se compararon distintos porcentajes de sombra, el rubro que varía es el costo del metro cuadrado de cada sarán. El precio de la caja de frutas tamaño seis (ver figura 22 en anexos) es de Q. 65.⁰⁰ y el precio del jornal es de Q. 98.⁷⁵.
2. Cálculo del precio de la caja de frutas en la finca: El precio de la caja de frutas en la finca se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$PC: PM - \frac{\text{Costo de la cosecha}}{\text{Rendimiento}}$$

Donde:

PC: Precio en campo.

PM: Precio en el mercado

3. Estimación de beneficios netos: Para esta estimación se corrigieron los rendimientos experimentales realizando un promedio del rendimiento de los tratamientos estadísticamente iguales, a continuación, se ajustaron estos rendimientos aplicándoles el 15%, seguidamente se calcularon los beneficios brutos multiplicando los rendimientos ajustados por el precio de las cajas de frutas (PC) y finalmente se calcularon los beneficios netos (BN) restándole a los beneficios brutos (BB) los costos que varían.

$$BN: BB - CV$$

Donde:

BN: Beneficios netos.

BB: Beneficios brutos.

CV: Costos que varían.

$$BB: RA - PC$$

Donde:

BB: Beneficios brutos.

RA: Rendimiento ajustado.

CV: Costos que varían.

4. Análisis de dominancia: Se ordenaron los tratamientos tomando en cuenta que los costos que varían se ubicaran de forma descendente, junto a los costos que varían se ubicaron los beneficios netos de correspondientes a cada tratamiento.

El primer tratamiento siempre es *no dominado*, y ya que ningún beneficio neto fue superior al primero el resto de tratamientos fueron *dominados*, lo que dio como resultado que el porcentaje de sombra utilizado en la finca (47%) es el más rentable.

2.2.6. Determinación de grados brix y acidez de la piña

Con la finalidad de determinar el balance de grados brix – acidez de la pulpa de las frutas cosechadas, se llevó una muestra de las frutas cosechadas en cada tratamiento al área de empaque ubicada dentro de la empacadora de la finca. Para que la pulpa de la fruta sea aceptable por el mercado internacional los grados brix deben mantenerse igual o por arriba de los 14 grados y la acidez de la pulpa debe ser igual o mayor al 32% (0.32).

Los grados brix se determinaron utilizando la siguiente metodología:

1. Se sustrajo una muestra de jugo de cada fruta.
2. El jugo fue analizado en un refractómetro marca HANNA el cual proporciono la cantidad de grados brix de cada fruta.

La acidez de la pulpa de las frutas se estableció utilizando la siguiente metodología:

1. Se sustrajo una muestra de dos mililitros de jugo de cada fruta.
2. Los dos mililitros de jugo se mezclaron en 48 mililitros de agua desmineralizada, la mezcla se depositó en un Erlenmeyer para mejorar la agitación.
3. A la mezcla de agua desmineralizada + jugo de la fruta se le aplicaron cinco gotas de fenolftaleína.
4. A la mezcla de agua desmineralizada + jugo de fruta + fenolftaleína se le aplicaron gotas de hidróxido de sodio hasta que la mezcla tomara una tonalidad rosada.
5. El dato final de acidez se determinó utilizando la siguiente fórmula:

Acidez:
$$\frac{((\text{Norma del NaOH (0.1)}) * ((\text{Meq del ácido cítrico (0.64)}) * (\text{ml de Na OH consumido} * 0.32))}{\text{ml de jugo de piña utilizados}}$$

En ambos procesos el jugo se extrajo de la parte céntrica de las frutas para obtener un jugo promediado, el área donde se extrajo el jugo se demuestra en la figura seis

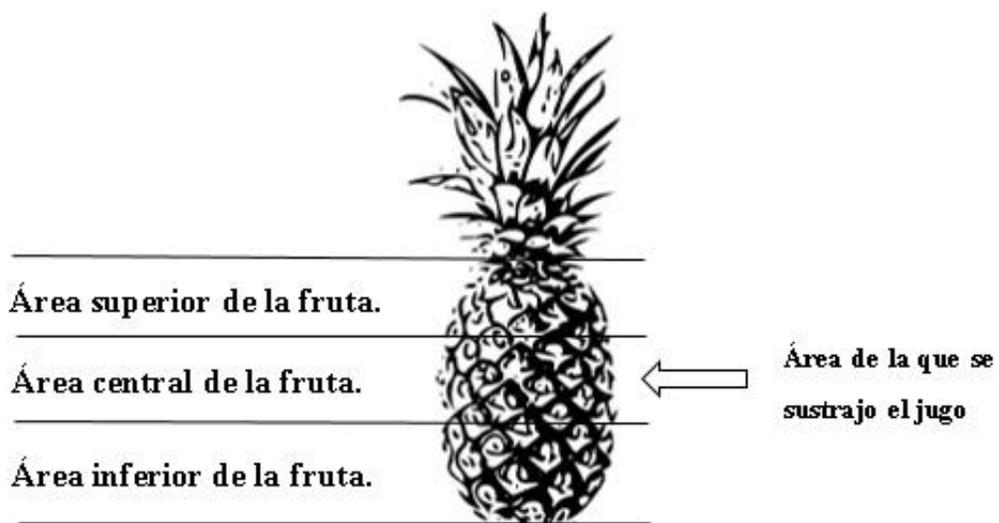


Figura 6. Área de sustracción de jugo para determinación de grados brix y acidez.

VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de la investigación con base en la información recopilada mediante las técnicas y procesos de estudio de los datos cuantitativos del aporte de los instrumentos utilizados, al rendimiento del cultivo; mismos que al cumplir con la sistemática del análisis se presentan mediante cuadros y figuras para su mejor comprensión.

1. Cantidad acumulada de lux

La cantidad acumulada normal y uniforme del flujo luminoso de lumen/m² sobre la superficie (lux) de las unidades experimentales del cultivo de piña (*Ananas comosus L. Merr.*) en el periodo de floración basados en el proceso de investigación, se presentan en el cuadro seis:

Cuadro 6. Cantidad acumulada de Lux/tratamiento en estudio.

| % sombra según el fabricante | Cantidad Acumulada de Lux en el interior de la unidad experimental. | Promedio de Lux diario en el interior de la unidad experimental. | Cantidad Acumulada de Lux en el exterior de la unidad experimental. | Promedio de Lux diario en el exterior de la unidad experimental. | % sombra en campo |
|------------------------------|---|--|---|--|-------------------|
| 47% | 6678900 | 303586 | | | 49% |
| 55% | 5074880 | 230676 | 48353000 | 595670 | 61% |
| 63% | 4399920 | 199996 | | | 67% |
| 73% | 3161740 | 143715 | | | 76% |

En el cuadro seis se demuestra la cantidad acumulada y el promedio diario de lux percibidos por las plantas situadas debajo de cada sarán en estudio, se observa, que a menor traslape entre las fibras del sarán, mayor es la cantidad de lux que traspasan a la superficie.

Es entonces que en las condiciones climáticas de la región donde se ubica la finca las cantidades acumuladas de lux bajo cada sarán son las siguientes:

- sarán al 47%: 6678900 lux durante un mes (303586 lux diarios).
- sarán al 55%: 5074880 lux durante un mes (230676 lux diarios).
- sarán al 63%: 4399920 lux durante un mes (199996 lux diarios).
- sarán al 73% :3161740 lux durante un mes (143715 lux diarios).

Además, se observa que la cantidad de sombra proporcionada por los saranes en el campo y en las condiciones climáticas donde se ubica la finca difiere a la cantidad de sombra que indica el fabricante, esto se observa de forma gráfica en la figura siete:

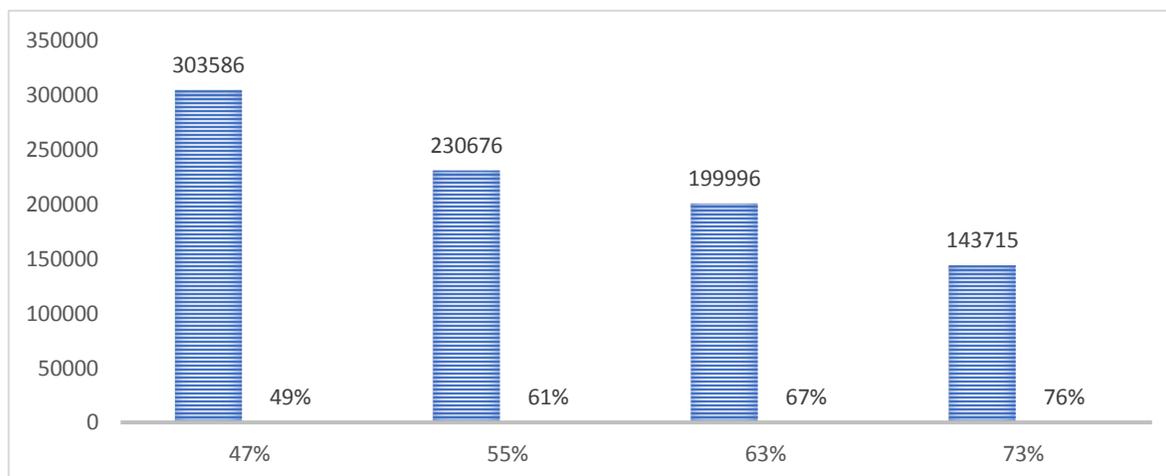


Figura 7. Promedio de Lux diarios y % de sombra en campo, de cada tratamiento en estudio.

En la figura siete se presentan las cantidades diarias de lux bajo cada sarán y se observan las diferencias del porcentaje de sombra del fabricante versus el porcentaje de sombra en campo, las diferencias se presentan a continuación:

- 47% de sombra según el fabricante y 49% de sombra proporcionada en campo, difiriendo una de otra en un 2%.
- 55% de sombra según el fabricante y 61% de sombra proporcionada en campo, difiriendo una de otra en un 6%.
- 63% de sombra según el fabricante y 67% de sombra proporcionada en campo, difiriendo una de otra en un 4%.
- 73% de sombra según el fabricante y 76% de sombra proporcionada en campo, difiriendo una de otra en un 3%.

2. Rendimiento de fruta en cajas/hectárea

Dado que, el rendimiento del cultivo se mide en “número de cajas de fruta exportable por hectárea”, se realizó una serie de análisis estadísticos para determinar qué porcentaje de sombra utilizada en el periodo de floración del cultivo, presenta el mejor rendimiento de cajas de fruta, por hectárea. Los resultados se presentan a continuación:

2.1. Peso de las frutas cosechadas

Cuadro 7. Peso promedio en libras de las frutas cosechadas en cada tratamiento.

| Tratamientos | PESO BLOQUES | | | | | Media |
|--------------|-----------------|------|------|------|------|-------------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | |
| 47% | 4.25 | 4.52 | 4.58 | 4.25 | 4.11 | 4.34 |
| 55% | 4.39 | 4.30 | 4.43 | 4.24 | 4.69 | 4.41 |
| 63% | 4.35 | 4.34 | 4.47 | 4.23 | 4.32 | 4.34 |
| 73% | 4.42 | 4.11 | 4.19 | 4.30 | 4.17 | 4.24 |

Los datos contenidos en el cuadro siete representan el peso promedio de las frutas cosechadas por cada tratamiento, según el área de empaque de finca San Luís, el peso promedio de las frutas cosechadas en esta evaluación, se ubicaron para su exportación de la siguiente manera (ver figura 25 en anexos).

- 47% ↔ 4.342 libras = categoría de 6 frutas/caja.
- 55% ↔ 4.410 libras = categoría de 6 frutas/caja.
- 63% ↔ 4.342 libras = categoría de 6 frutas/caja.
- 73% ↔ 4.238 libras = categoría de 6 frutas/caja.

Los promedios anteriores del peso de las frutas indican que el rendimiento potencial es de 10000 cajas de fruta tamaño seis por hectárea (60000 frutas por hectárea/seis frutas por caja), este rendimiento se ve influenciado de forma decreciente por el porcentaje de plantas muertas por hectárea, estas bajas en el rendimiento oscilan de 768 a 981 cajas de fruta por hectárea (de 4608 a 5886 frutas). A continuación, en el cuadro ocho se presenta el porcentaje de plantas muertas por hectárea.

Cuadro 8. Porcentaje de plantas muertas por hectárea.

| Porcentaje de plantas muertas/hectárea | | | | | | |
|--|------|------|-----|------|-----|-------------|
| BLOQUES | | | | | | |
| Tratamientos | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | Media |
| 47% | 8.2 | 7.4 | 7.7 | 7.3 | 7.9 | 7.68 |
| 55% | 9.3 | 9.6 | 9.7 | 10.3 | 9.8 | 9.76 |
| 63% | 8.3 | 8.7 | 8.9 | 8.2 | 7.5 | 8.31 |
| 73% | 10.4 | 10.0 | 9.6 | 9.4 | 9.6 | 9.81 |

Los porcentajes de plantas muertas presentados en el cuadro ocho proporcionan la cantidad de cajas de fruta/hectárea que se pierden por esa causa, se observa que el porcentaje de sombra utilizado en la finca (47%) presenta menor porcentaje de muerte que los saranes propuestos en la investigación (55%, 63% y 73%).

En el cuadro nueve se muestran las cantidades reales de pérdidas de cajas de fruta por hectárea.

Cuadro 9. Pérdida de cajas de fruta por hectárea.

| Pérdida de cajas de fruta/hectárea | | | | | | |
|------------------------------------|------|-----|-----|------|-----|------------|
| BLOQUES | | | | | | |
| Tratamientos | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | Media |
| 47% | 823 | 736 | 768 | 725 | 790 | 768 |
| 55% | 931 | 963 | 974 | 1028 | 985 | 976 |
| 63% | 833 | 866 | 887 | 823 | 747 | 831 |
| 73% | 1039 | 996 | 963 | 942 | 963 | 981 |

Los datos presentados en el cuadro nueve muestran una pérdida de 768 cajas de fruta/hectárea (4608 frutas) bajo el efecto del sarán al 47% de sombra, una pérdida de 976 cajas de fruta/hectárea bajo el efecto del sarán al 55% de sombra (5856 frutas), una pérdida de 831 cajas de fruta/hectárea bajo el efecto del sarán al 63% de sombra (4986 frutas) y finalmente una pérdida de 981 cajas de fruta/hectárea bajo el efecto del sarán al 73% de sombra (5886 frutas).

Obtenidos los datos de pérdida de cajas de fruta por hectárea, se realizó la resta de estas mermas en el rendimiento al rendimiento potencial por hectárea en cajas de frutas tamaño seis (10000 cajas/hectárea) y se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 10:

Cuadro 10. Rendimiento en cajas de fruta por hectárea.

| Tratamientos | Cajas de fruta/hectárea | | | | | Media |
|--------------|-------------------------|------|------|------|------|-------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | |
| 47% | 9177 | 9264 | 9232 | 9275 | 9210 | 9232 |
| 55% | 9069 | 9037 | 9026 | 8972 | 9015 | 9024 |
| 63% | 9167 | 9134 | 9113 | 9177 | 9253 | 9169 |
| 73% | 8961 | 9004 | 9037 | 9058 | 9037 | 9019 |

Los rendimientos presentados en el cuadro diez se expresan de forma gráfica en la figura ocho y están expresados en cajas de fruta fresca por hectárea, a partir de estos rendimientos se realizó el análisis estadístico para determinar si el uso de uno de los porcentajes de sombra propuestos (55%, 63% y 73%) en la etapa de floración, proporciona un mayor rendimiento al cultivo. Los resultados del análisis estadístico se muestran en el cuadro 11.

El análisis estadístico fue un análisis de varianza -ANDEVA- al 5% de significancia resultados se presentan a continuación:

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable rendimiento en cajas de fruta/hectárea.

| FV | GL | SC | CM | F | Ft | |
|---------------------|----|--------|----------|---------|-------|------|
| <i>Tratamientos</i> | 3 | 169472 | 56490.67 | 26.8833 | 0.000 | * |
| <i>Bloques</i> | 4 | 3200 | 800.00 | 0.3807 | 0.819 | N.S. |
| <i>Error</i> | 12 | 25216 | 2101.33 | | | |
| <i>Total</i> | 19 | 197888 | | | | |

C.V.= 0.50%

Después de haber realizado el análisis estadístico correspondiente se determinó que existen diferencias significativas en la fuente de variación *tratamientos*, lo que indica que se acepta la hipótesis alternativa (H_a) que dice que por lo menos un porcentaje de sombra en estudio tiene un efecto distinto en la variable respuesta rendimiento de piña en cajas por hectárea. Es por ello que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias (Tukey al 5% de significancia) para determinar cuál de los tratamientos utilizados (47%, 55%, 63% y 73%) proporciona la mejor media en el rendimiento del cultivo y los resultados se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Prueba de medias Tukey al 5% para la variable rendimiento de piña en cajas/hectárea.

| Tratamiento | Media | Significancia |
|-------------|-------|---------------|
| 47% | 9232 | A |
| 63% | 9169 | A |
| 55% | 9024 | B |
| 73% | 9019 | B |

5% de significancia

Tukey: 86.1017

Valor de tabla: 4.2

El análisis de medias Tukey al 5% determinó que los tratamientos de sarán al 47% y sarán al 63% presentan medias de rendimiento en cajas de piña por hectárea estadísticamente iguales, así mismo se determinó que los tratamientos de sarán al 55% y sarán al 73% también presentan medias de rendimiento en cajas de piña por hectárea estadísticamente iguales. La curva de rendimiento se presenta en la figura ocho.

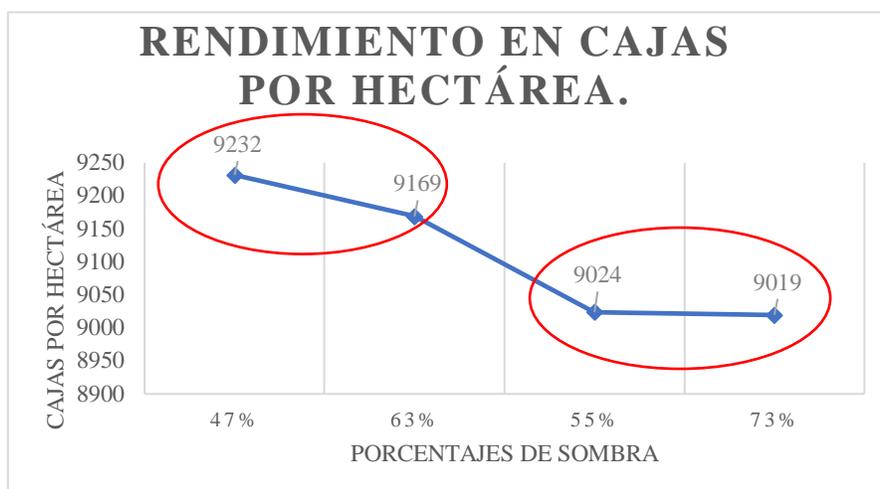


Figura 8. Curva de rendimiento según las medias de cada tratamiento.

En la curva de rendimiento se observa que existen dos grupos que presentan rendimientos similares, pero se desconoce que tratamiento es el más rentable. Por esta razón se realizó un análisis de rentabilidad con presupuestos parciales, con donde se determinó que el sarán al 47% es el más rentable lo que respalda su uso dentro de la finca.

3. Análisis de rentabilidad con presupuestos parciales

Los datos que se presentan a continuación se refieren al análisis de rentabilidad que engloba aspectos como la estimación de los costos que varía, estimación del precio de la caja de frutas en el campo, la estimación de beneficios netos y el análisis de dominancia para determinar que tratamiento es el más rentable.

Cuadro 13. Estimación de los costos que varían/hectárea.

| Tratamiento | Porcentaje de sombra | Área de cobertura (m ²) | Costo del m ² de sarán | Costos que varían |
|-------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 47% | 9232 | 10100 | Q 3.70 | Q 37,370.00 |
| 55% | 9024 | 10100 | Q 4.07 | Q 41,107.00 |
| 63% | 9169 | 10100 | Q 4.29 | Q 43,329.00 |
| 73% | 9019 | 10100 | Q 4.44 | Q 44,844.00 |

Debido a que en la investigación se evaluaron distintos porcentajes de sombra, en el cuadro 13 se demuestra que el rubro que varía es el costo del metro cuadrado de cada sarán, pues a mayor sombra el precio del metro cuadrado aumenta, pero el resto de rubros se mantiene.

El precio de mercado de la caja de piñas se obtiene utilizando un rendimiento promedio de 10000 cajas de fruta por hectárea y se emplean 36 jornales para su cosecha y empaque, el precio de campo de la caja de piñas se presenta en el cuadro 14.

Cuadro 14. Estimación del precio de campo de la caja de piñas.

| Precio del mercado | Jornales | Rendimiento promedio | Costo de jornales | Precio de campo |
|--------------------|----------|----------------------|-------------------|-----------------|
| Q 65.00 | 36 | 10000 | 98.75 | Q 64.64 |

El precio de campo de la caja de piñas es de 64 quetzales con 64 centavos, el precio del jornal es de 98 quetzales con 75 centavos y el rendimiento potencial de la finca oscila en 10000 cajas de fruta por hectárea. Con el precio de campo establecido se determinaron los beneficios brutos y los beneficios netos que se presentan en el cuadro 15.

Cuadro 15. Estimación de beneficios netos.

| Tratamiento | Media (Rend.) | Significancia | Rend. Exp. corregido | Rend. Ajustado | Beneficios brutos | Costos que varían | Beneficios netos |
|-------------|---------------|---------------|----------------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 47% | 9232 | A | 9200.22 | 9201.07 | Q 594,798.3 | Q 37,370.0 | Q 557,428.34 |
| 63% | 9169 | A | 9200.22 | 9201.07 | Q 594,798.3 | Q 41,107.0 | Q 553,691.34 |
| 55% | 9024 | B | 9021.65 | 9022.50 | Q 583,254.7 | Q 43,329.0 | Q 539,925.68 |
| 73% | 9019 | B | 9021.65 | 9022.50 | Q 583,254.7 | Q 44,844.0 | Q 538,410.68 |

En el cuadro quince se observan los beneficios netos de cada tratamiento, estos beneficios por el análisis de medias se organizaron en orden decreciente directamente proporcional a los costos que varían. Lo que indica que durante el análisis de dominancia el tratamiento más rentable fue el tratamiento de sombra al 47%. Los resultados del análisis de dominancia se presentan el cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de dominancia de los tratamientos.

| Tratamiento | Costos que Varían | Beneficios netos | Decisión |
|-------------|-------------------|------------------|-------------|
| 47% | Q 37,370.0 | Q 557,428.34 | No dominado |
| 63% | Q 41,107.0 | Q 553,691.34 | Dominado |
| 55% | Q 43,329.0 | Q 539,925.68 | Dominado |
| 73% | Q 44,844.0 | Q 538,410.68 | Dominado |

Como se observa en el análisis de dominancia presentado en el cuadro 16 el único tratamiento no dominado es el tratamiento de sarán al 47% de sombra, lo que indica que los tratamientos del 55%, 63% y 73% de sombra al aumentar sus costos sus beneficios netos no son mayores en relación al uso del tratamiento con 47% de sombra desde la etapa de floración hasta la cosecha es el más rentable para la finca.

Durante el proceso de investigación surgió la duda del efecto que ejerce la intensidad lumínica sobre las características de diámetro de la base y del ápice de las frutas, sobre la longitud de frutas y coronas y finalmente sobre el balance de grados brix - acides de la pulpa de las frutas.

Por esta razón se tomó la decisión de estudiar estos factores obteniendo los resultados que se presentan en los incisos cuatro, cinco seis, siete y ocho de la presentación y discusión de resultados:

4. Diámetro de la base de las frutas

El diámetro promedio de la base de las frutas cosechadas en la investigación se presenta en el cuadro 17.

Cuadro 17. Diámetro promedio en centímetros de la base de las frutas cosechadas en cada tratamiento.

| Tratamientos | BLOQUES | | | | | Media |
|--------------|---------|----|----|----|----|-------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | |
| 47% | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13.0 |
| 55% | 13 | 13 | 13 | 12 | 13 | 12.8 |
| 63% | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13.0 |
| 73% | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13.0 |

Los datos contenidos en el cuadro 17 representan el diámetro promedio de la base de las frutas por cada tratamiento. Fácilmente se observa que no existen diferencias en el diámetro de la base de las frutas cosechadas y, esta percepción se confirmó realizando el análisis estadístico que se presenta en el cuadro 18:

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable diámetro de la base de las frutas.

| FV | GL | SC | CM | F | Ft |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| <i>Tratamientos</i> | 3 | 0.149902 | 0.049967 | 0.9992 | 0.572 N.S. |
| <i>Bloques</i> | 4 | 0.199951 | 0.049988 | 0.9996 | 0.554 N.S. |
| <i>Error</i> | 12 | 0.600098 | 0.050008 | | |
| <i>Total</i> | 19 | 0.949951 | | | |

C.V.= 1.73%

Con el análisis de varianza se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable “diámetro de la base de las frutas”, lo que indica que no existe efecto de los tratamientos evaluados sobre esta variable.

El análisis presentó un coeficiente de variación del 1.73% lo que indica que la dispersión del conjunto de datos analizados es baja.

5. Diámetro del ápice de las frutas

Con el uso de los distintos porcentajes de sombra en la etapa de floración del cultivo se especuló que se lograría obtener un aumento en el diámetro del ápice de las frutas, y los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 19. Diámetro promedio en centímetros del ápice de las frutas cosechadas en cada tratamiento.

| Tratamientos | BLOQUES | | | | | Media |
|---------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | |
| 47% | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12.0 |
| 55% | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12.0 |
| 63% | 12 | 12 | 11 | 12 | 12 | 11.8 |
| 73% | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12.0 |

En el cuadro 19 se observa el promedio del diámetro del ápice de las frutas cosechadas por cada tratamiento, el diámetro del ápice de las frutas es conocido como “diámetro de hombros”. Al igual que en el diámetro de la base de las frutas, se observa que no existen diferencias en el diámetro de los hombros de las frutas cosechadas, lo que se confirmó realizando un análisis de varianza y sus resultados se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable diámetro apical de las frutas.

| FV | GL | SC | CM | F | Ft | |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|------|
| <i>Tratamientos</i> | 3 | 0.149902 | 0.049967 | 0.9992 | 0.572 | N.S. |
| <i>Bloques</i> | 4 | 0.199951 | 0.049988 | 0.9996 | 0.554 | N.S. |
| <i>Error</i> | 12 | 0.600098 | 0.050008 | | | |
| <i>Total</i> | 19 | 0.949951 | | | | |

C.V.= 1.87%

Los resultados que se observan en el cuadro 20 indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable “diámetro del ápice de las frutas”, por lo que no se realizó un análisis múltiple de medias para determinar que tratamiento genera un efecto en la variable evaluada.

Además, se estableció un coeficiente de variación del 1.87% con lo que se confirma la confiabilidad del análisis de los datos obtenidos.

6. Longitud de fruta

La longitud de las frutas se ve influenciada por el efecto de los porcentajes de sombra en el periodo de floración del cultivo, los resultados de este estudio se demuestran a continuación:

Cuadro 21. Longitud promedio en centímetros de las frutas cosechadas en los tratamientos.

| Tratamientos | BLOQUES | | | | | Media |
|---------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | |
| 47% | 20 | 20 | 21 | 19 | 20 | 20.0 |
| 55% | 18 | 18 | 19 | 17 | 18 | 18.0 |
| 63% | 17 | 18 | 17 | 17 | 16 | 17.0 |
| 73% | 17 | 17 | 20 | 20 | 17 | 18.2 |

Los datos contenidos en el cuadro 21 representan la longitud promedio de las frutas cosechadas por cada tratamiento. Este cuadro es la base para la realización del análisis de varianza en el que se establece que existen diferencias significativas en la variable longitud de fruta. Los resultados del análisis estadístico de la variable longitud de la fruta se presentan en el cuadro 22.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable longitud de fruta.

| FV | GL | SC | CM | F | Ft | |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|------|
| <i>Tratamientos</i> | 3 | 23.400391 | 7.80013 | 8.0694 | 0.004 | * |
| <i>Bloques</i> | 4 | 5.200195 | 1.300049 | 1.3449 | 0.309 | N.S. |
| <i>Error</i> | 12 | 11.599609 | 0.966634 | | | |
| <i>Total</i> | 19 | 40.200195 | | | | |

C.V.= 5.37%

En el cuadro 22 se observa que después de haber realizado el análisis de varianza (ANDEVA) al 5% de significancia, se determinó que existen diferencias significativas en el efecto que provocan los tratamientos (47% sombra, 55% sombra, 63% sombra y 73% sombra) sobre la longitud de fruta. Razón por la cual, se realizó una prueba múltiple de medias (Tukey al 5%) en la que se determinó que tratamiento proporciona un aumento en la longitud de fruta. Los resultados de la prueba de medias se presentan en el cuadro 23.

El coeficiente de variación del análisis de varianza fue de 5.37% con lo que continúa la confiabilidad del análisis de los datos de la investigación.

Cuadro 23. Medias de la longitud de frutas y su significancia.

| Tratamiento | Media | Significancia |
|-------------|-------|---------------|
| 47% | 20.0 | A |
| 73% | 18.2 | A |
| 55% | 18.0 | B |
| 63% | 17.0 | B |

5% de significancia.
 Tukey: 1.8467
 Valor de tabla: 4.20

En la prueba múltiple de medias presentada en el cuadro 23 se determinó que existen dos grupos de tratamientos que presentan medias estadísticamente iguales, el primero con medias mayores al segundo grupo es el de los saranes al 47% y 73% sombra y el segundo grupo es el de los saranes al 55% y 63% sombra.

El análisis de rentabilidad con presupuestos parciales no aplica para esta variable, debido a que la base fundamental para este análisis es el rendimiento y no la longitud de fruta.

7. Longitud de corona

El estudio de la longitud de corona es sumamente importante ya que su longitud debe ser proporcional a la longitud de la fruta, su importancia fue contemplada en la investigación y se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 24. Longitud promedio en centímetros de las coronas de las frutas cosechadas.

| Tratamientos | BLOQUES | | | | | Media |
|--------------|---------|----|----|----|----|-------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | |
| 47% | 25 | 26 | 24 | 26 | 24 | 25.0 |
| 55% | 23 | 26 | 23 | 25 | 27 | 24.8 |
| 63% | 23 | 26 | 25 | 24 | 22 | 24.0 |
| 73% | 26 | 24 | 26 | 25 | 25 | 25.2 |

Los datos contenidos en el cuadro 24 representan la longitud promedio de las coronas de las frutas cosechadas por cada tratamiento. Con esta información se realizó el análisis de varianza en el que se estableció que no existen diferencias significativas en el uso de los tratamientos en la variable longitud de coronas de frutas.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza se presentan en el cuadro 25.

Cuadro 25. Análisis de varianza para la variable longitud de corona.

| FV | GL | SC | CM | F | Ft |
|---------------------|----|-----------|----------|--------|------------|
| <i>Tratamientos</i> | 3 | 4.150391 | 1.383464 | 0.6485 | 0.602 * |
| <i>Bloques</i> | 4 | 4.000000 | 1.000000 | 0.4688 | 0.760 N.S. |
| <i>Error</i> | 12 | 25.599609 | 2.133301 | | |
| <i>Total</i> | 19 | 33.750000 | | | |

C.V.= 5.90%

Es así que en el cuadro 25 se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable “longitud de corona”, lo que indica que los porcentajes de sombra no influyen en la disminución o aumento de la longitud de las coronas de las frutas. Por esta razón no se realizó un análisis de medias para determinar que tratamiento ejerce un efecto en esta variable evaluada ya que sus medias son iguales estadísticamente.

Se determinó un coeficiente de variación bajo del 5.90% que indica que la dispersión de los datos es baja, además con este coeficiente se mantiene y confirma la confiabilidad del análisis de los datos obtenidos.

8. Grados Brix y acidez de las piñas cosechadas bajo cada tratamiento

Es de mucha importancia mantener el equilibrio de grados brix y acidez de la pulpa de las frutas, por ello se estudió el comportamiento de estos dos factores internos de la fruta obteniendo los resultados que se presentan en el cuadro 26:

Cuadro 26. Grados brix y porcentaje de acidez de las frutas.

| Porcentaje de sombra | Grados Brix | Acidez % |
|-----------------------------|--------------------|-----------------|
| 47% | 14.06 | 26 |
| 55% | 13.46 | 39 |
| 63% | 14.26 | 29 |
| 73% | 13.86 | 29 |

En el cuadro 26 se observa que los grados brix se mantienen en un margen que va de 13.86 grados a 14.26 grados y la acidez se mantiene en un rango que va del 29% al 39%.

Para que pulpa de las frutas sea aceptable por el mercado internacional los grados brix deben mantenerse igual o por encima de los 14 grados sin exceder de los 18 grados y la acidez de la pulpa debe ser igual o mayor al 35% (0.35) sin exceder el 45%.

Al analizar los datos se determina que la pulpa de las frutas cosechadas en los tratamientos, no cumple con el equilibrio de grados brix y acidez” que se requiere para su exportación; los tratamientos de 47% y 63% sombra cumplen con los grados brix, pero no cumplen con el porcentaje de acidez, el tratamiento de 55% sombra no cumple con los grados brix, pero si cumple con el porcentaje de acidez y el tratamiento de 73% sombra no cumple con los grados brix no con el porcentaje de acidez.

Con estos resultados se establece que el efecto de los porcentajes de sombra no influye en el balance de grados brix y acidez de la pulpa de la piña.

VII. CONCLUSIONES

1. En las condiciones climáticas de la región donde se ubica finca San Luís, Santo Domingo, Suchitepéquez, las cantidades acumuladas de lux bajo cada sarán son las siguientes:
 - sarán al 47%: 6678900 lux durante un mes (303586 lux diarios).
 - sarán al 55%: 5074880 lux durante un mes (230676 lux diarios).
 - sarán al 63%: 4399920 lux durante un mes (199996 lux diarios).
 - sarán al 73% :3161740 lux durante un mes (143715 lux diarios).

2. Los porcentajes de sombra que menciona el fabricante difieren del porcentaje de sombra que se genera en el campo. Las diferencias se demuestran a continuación:
 - 47% de sombra según el fabricante y 49% de sombra proporcionada en campo, difiriendo una de otra en un 2%.
 - 55% de sombra según el fabricante y 61% de sombra proporcionada en campo, difiriendo una de otra en un 6%.
 - 63% de sombra según el fabricante y 67% de sombra proporcionada en campo, difiriendo una de otra en un 4%.
 - 73% de sombra según el fabricante y 76% de sombra proporcionada en campo, difiriendo una de otra en un 3%.

3. La clasificación de las frutas cosechadas en cada tratamiento se basó en la categoría de clasificación por peso en libras establecida en la finca. Las frutas se clasificaron de la siguiente manera:
 - Sarán al 47%: frutas con peso promedio de 4.342 libras = categoría de 6 frutas/caja.
 - Sarán al 55%: frutas con peso promedio de 4.410 libras = categoría de 6 frutas/caja.
 - Sarán al 63%: frutas con peso promedio de 4.342 libras = categoría de 6 frutas/caja.
 - Sarán al 73%: frutas con peso promedio de 4.238 libras = categoría de 6 frutas/caja.

4. Después de haber realizado el análisis estadístico se determinó que existen diferencias significativas en la fuente de variación *tratamientos*, lo que indica que se acepta la hipótesis alternativa (H_a) que dice que por lo menos un porcentaje de sombra en estudio tiene un efecto diferente en la variable respuesta rendimiento de piña en cajas por hectárea. Es por ello que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias (Tukey al 5% de significancia) para determinar cuál de los tratamientos utilizados (47%, 55%, 63% y 73%) proporciona la mejor media de rendimiento del cultivo.
5. La prueba múltiple de medias Tukey al 5% determinó que los tratamientos de sarán al 47% y sarán al 63% de sombra presentan medias de rendimiento en cajas de piña por hectárea estadísticamente iguales, así mismo se determinó que los tratamientos de sarán al 55% y sarán al 73% de sombra presentan medias de rendimiento en cajas de piña por hectárea estadísticamente iguales.
6. El análisis de rentabilidad con presupuestos parciales determinó que el uso del sarán al 47% de sombra desde la etapa de floración hasta la cosecha es el más rentable para la finca.
7. Los cuatro tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas en las variables diámetro de la base de la fruta, diámetro del ápice de la fruta y en la longitud de la corona.
8. El análisis estadístico determinó que los tratamientos evaluados presentan diferencia significativa en la variable longitud de la fruta, es por ello que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias (Tukey al 5% de significancia) para determinar cuál de los tratamientos utilizados (47%, 55%, 63% y 73%) proporciona la mayor longitud de las frutas.

9. La prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia realizada a la variable *longitud de fruta* estableció que el sarán al 47% de sombra presento la mayor media de longitud de fruta.

10. Los tratamientos en estudio no ejercen efecto en el balance de grados brix y acidez de la pulpa de la fruta, lo que indica que la modificación de intensidad lumínica durante el periodo de floración no causa un equilibrio de estos dos factores internos de la fruta.

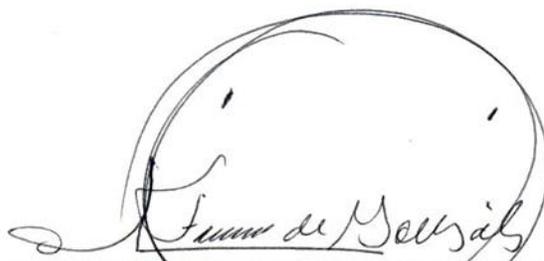
VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la finca continuar con el uso del sarán al 47% de sombra en la etapa de floración del cultivo ya que es el que presenta un mayor rendimiento en cajas por hectárea y presenta mayor rentabilidad.
2. Según los requerimientos del mercado al que este destinada la producción, tomar en cuenta si se utiliza el sarán al 63% de sombra para obtener frutas menos largas (menos cónicas) aunque se disminuya el rendimiento y la rentabilidad.
3. Disminuir la sombra natural que afecta sectores de siembra del cultivo ya que la sombra que superan el 47% aumentan el porcentaje de muerte de las plantas, muerte que inciden en la disminución del rendimiento del cultivo.
4. Realizar una investigación de porcentajes de sombra en el periodo de floración del cultivo que incluya un porcentaje de sombra menor al 47% para evaluar el efecto que esta pueda tener en el rendimiento del cultivo.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ávila, D. E. (2011). *Paquete Tecnológico Piña MD2 (Ananas comosus var. comosus)*. Sureste de México.
2. Bravo, I. M., Fernández, S., Marcano, D. A., & Gallardo, M. (1997). *El cultivo de la piña en Venezuela*. Maracay, Venezuela.
3. Coto, R. Á. (2014). *La Piña*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
4. *Croquis de Finca San Luis* (2019). Santo Domingo, Suchitepéquez, GT.
5. Gonzáles, G. M. (2010). *Práctica de especialidad presentado a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería en Agronomía*. San Carlos, Costa Rica.
6. Guido, M. (1983). *Guía Técnica para el cultivo de la Piña*. Nicaragua.
7. Infoagro. (2019). *El cultivo de la piña*. Obtenido de https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/pina.htm
8. Jiménez, J. A. (1999). *Manual práctico para el cultivo de la piña de exportación*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
9. OIRSA. (1999). *Manual Técnico Buenas Prácticas del Cultivo en Piña*. Panamá.

10. *Polisombras* (2018). Obtenido de <http://distriladam.com/blog/descubre-los-beneficios-de-instalar-una-polisombra/>
11. Sajquim, P. J. (2005). *Experiencias en el cultivo de piña (Annanas comosus (L) Merr.) con el híbrido MD2 en finca La Plata, Coatepeque, Quetzaltenango.* (Tesis de Agronomía). USAC. Facultad de Agronomía. Guatemala.



Vo. Bo. Licda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria CUNSUROC.



X. ANEXOS



Figura 9. Instalación de los tratamientos (saranes) sobre las unidades experimentales.



Figura 10. Identificación de las unidades experimentales.



Figura 11. Diferencia de una inflorescencia sin protección solar y una inflorescencia con protección solar directa.

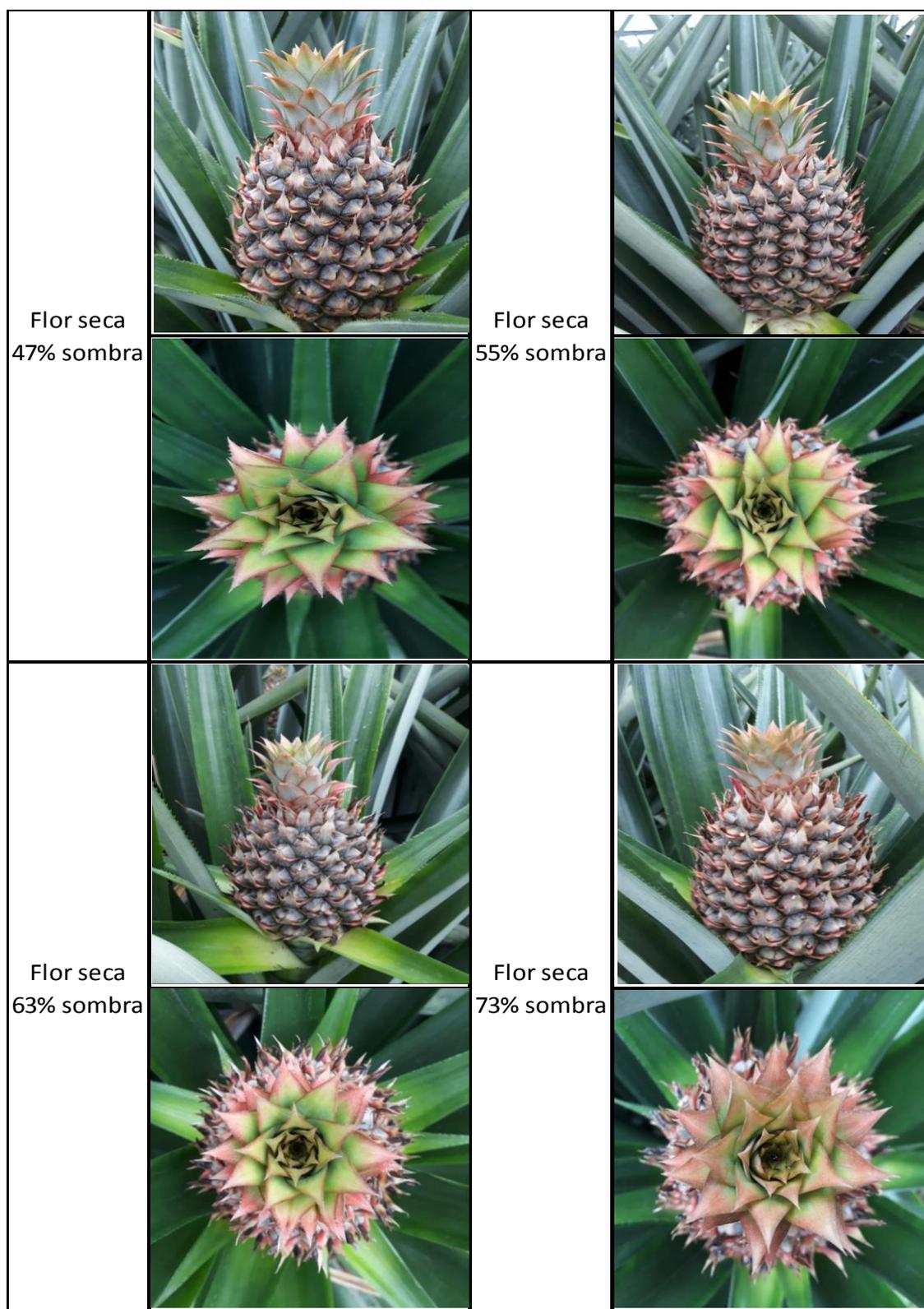


Figura 12. Inflorescencia seca bajo los tratamientos evaluados.

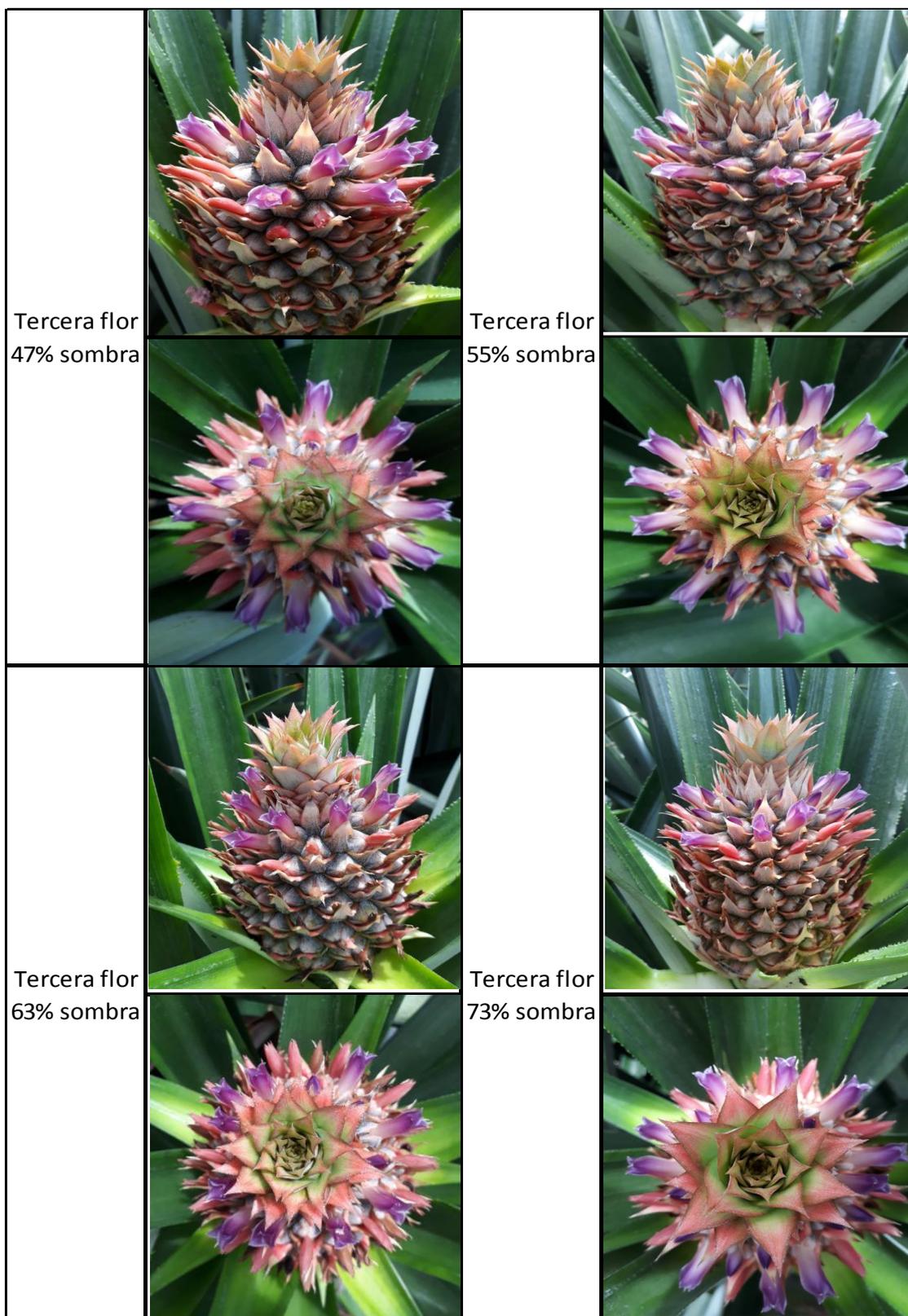


Figura 13. Tercera flor ubicada bajo los tratamientos evaluados.

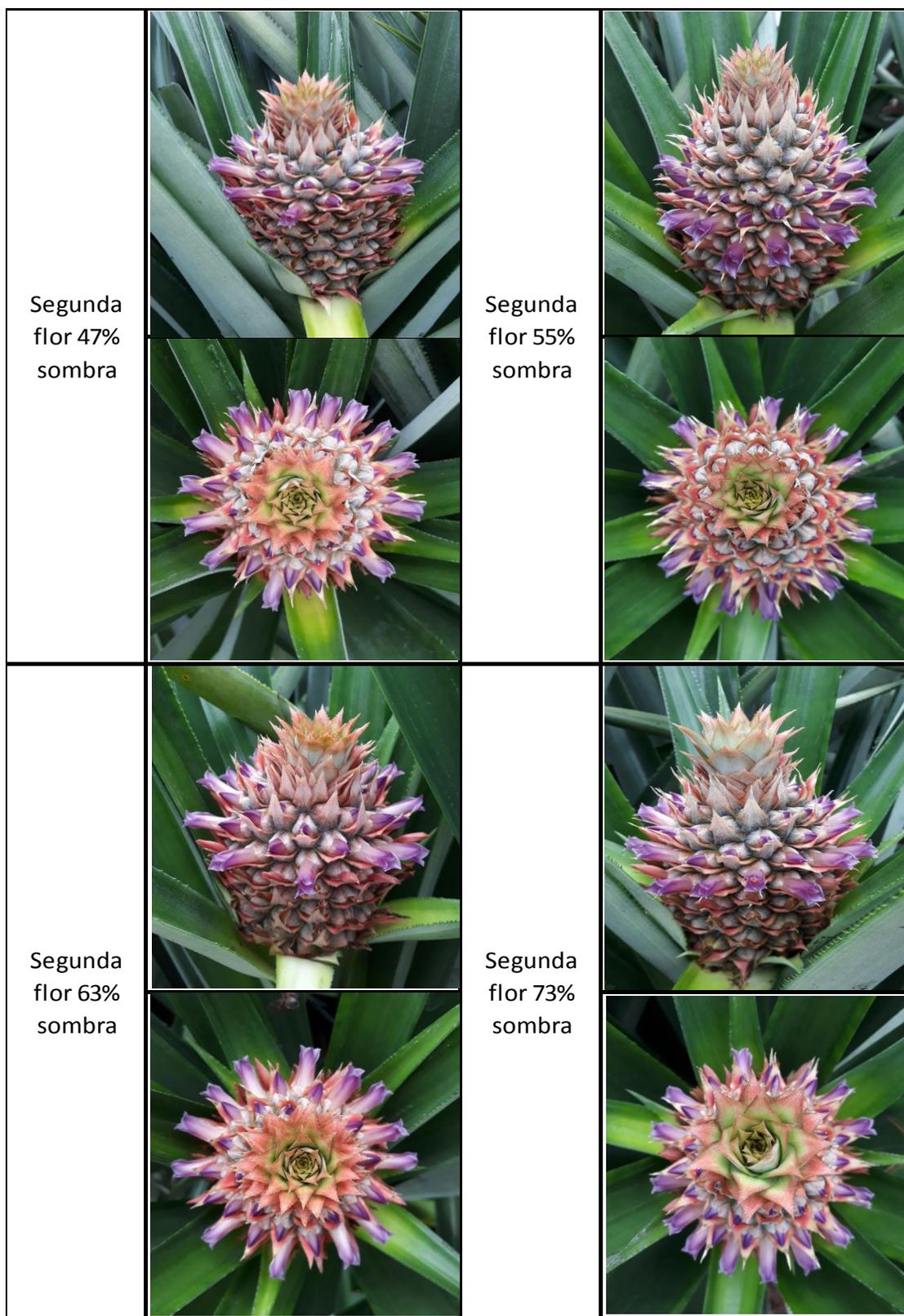


Figura 14. Segunda flor ubicada bajo los tratamientos evaluados.

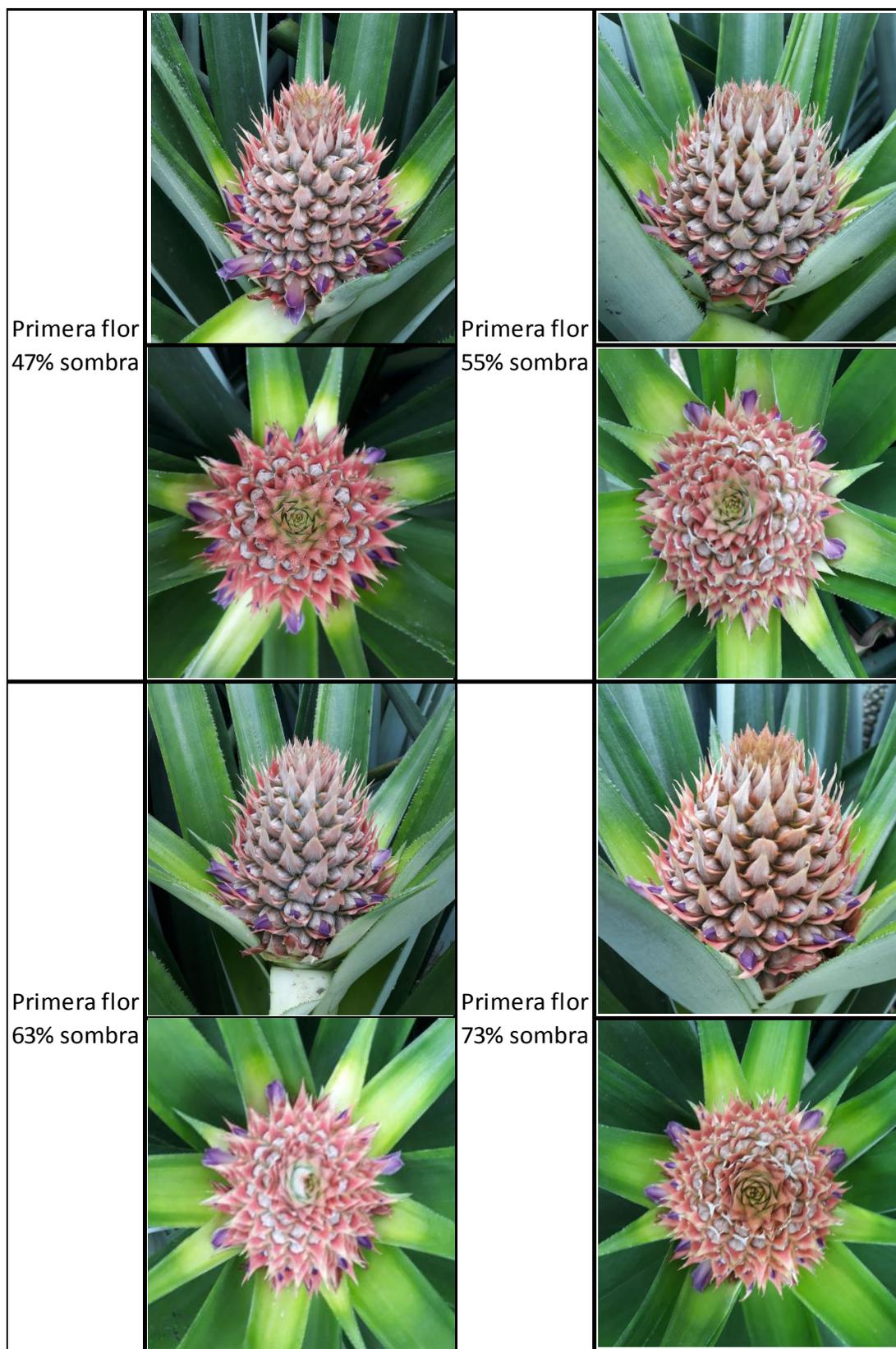


Figura 15. Primera flor ubicada bajo los tratamientos evaluados.



Figura 16. Levantado de los tratamientos aplicados sobre las unidades experimentales de la investigación.



Figura 17. Recolección de los saranes utilizados en la investigación.



Figura 18. Cosecha de frutas en los tratamientos evaluados.



Figura 19. Medición de peso de frutas.



Figura 20. Medición del diámetro base de las frutas.



Figura 21. Medición del diámetro apical de las frutas.



Figura 22. Medición de la longitud de las frutas.



Figura 23. Medición de la longitud de la corona de las frutas.



Figura 24. Medición de grados brix y acidez de la pulpa de las frutas por tratamiento evaluado



Figura 25. Clasificación de las frutas para su empaque.

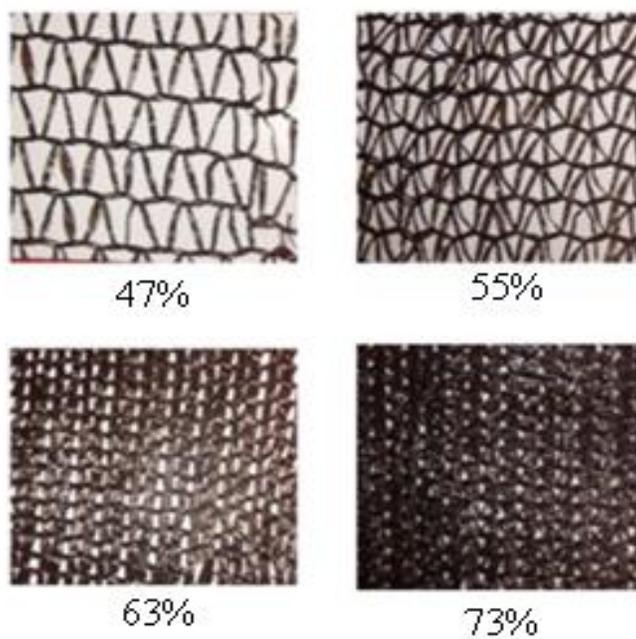


Figura 26. Porcentajes de sombra utilizados en la investigación.



Figura 27. Luxómetro utilizado para la toma de datos durante la evaluación.

Mazatenango, octubre de 2019.

M.Sc. Erick Alexander España Miranda
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical.
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Maestro España:

Por este medio me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber aprobado el EPSAT en la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical, solicito poder realizar el trabajo de graduación, para continuar con el debido proceso de graduación.

Agradeciendo la atención que sirva prestar a la presente y por su compromiso en mi proceso de graduación, me despido de usted.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



T.P.A. Nestor Adrian Mazariegos Orozco
Carné: 201442319

Mazatenango, octubre de 2019.

M.Sc. Erick Alexander España Miranda
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical.
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Maestro España:

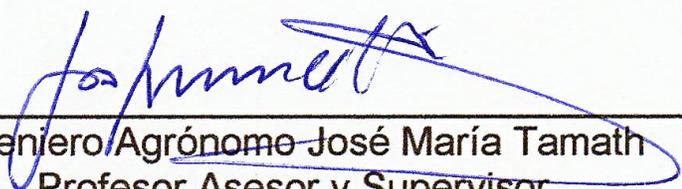
Por este medio me dirijo a usted, deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE SOMBRA EN LA ETAPA DE FLORACIÓN DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus L. Merr.*), EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ”**, presentado por el estudiante Nestor Adrian Mazariegos Orozco quien se identifica con número de carné 201442319 de la carrera de Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ingeniero Agrónomo José María Tamath
Profesor Asesor y Supervisor



Mazatenango, octubre de 2019.

Doctor:
Guillermo Vinicio Tello Cano.
Director Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Su despacho.

Señor Director:

De manera atenta, me dirijo a usted para informar que el estudiante Nestor Adrian Mazariegos Orozco, quien se identifica con número de carné 201442319 de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE SOMBRA EN LA ETAPA DE FLORACIÓN DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus L. Merr.*), EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ”**, el cuál fue asesorado, revisado y con dictamen favorable del Ingeniero Agrónomo José María Tamath.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Nestor Adrian Mazariegos Orozco, ha cumplido con el normativo de Trabajo de Graduación, razón por la que someto a consideración el documento presentado por el estudiante, para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Erick Alexander España Miranda
Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical





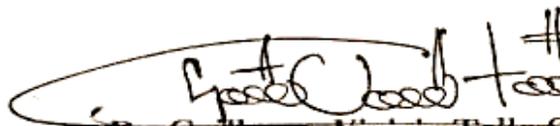
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-07-2019

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, treinta y uno de octubre de dos mil diecinueve-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO PORCENTAJES DE SOMBRA EN LA ETAPA DE FLORACIÓN DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus L. Merr.*), EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ**”, del estudiante: **TPA. Nestor Adrian Mazariegos Orozco**, carné 201442319 CUI: 2462 27729 1101 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Dr. Guillermo Vinicio Fello-Cajal
Director



/gris