

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EFECTO DE TRES NIVELES DE CALCIO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPAYA (*Carica papaya* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS PARA EMPRESA YARA GUATEMALA Y FINCAS DE ANISA, LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A.

JUAN AUGUSTO DE DIOS RUANO ROCA

Guatemala, mayo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN “EFECTO DE TRES NIVELES DE CALCIO EN LA
PRODUCCIÓN DE PAPAYA (*Carica papaya* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
REALIZADOS PARA EMPRESA YARA GUATEMALA Y FINCAS DE ANISA, LAS
CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A.”**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

JUAN AUGUSTO DE DIOS RUANO ROCA

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

Guatemala, mayo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M. Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M. A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	P. Agr. Marvin Manolo Sicajau Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, mayo de 2019

Guatemala, mayo de 2019

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“EFECTO DE TRES NIVELES DE CALCIO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPAYA (*Carica papaya* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS PARA EMPRESA YARA GUATEMALA Y FINCAS DE ANISA, LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A. ”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

JUAN AUGUSTO DE DIOS RUANO ROCA

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Por ser mi amigo, mi refugio, mi guía y mi fuente de inspiración.
MIS PADRES	Ángel Augusto Ruano Quevedo y Silvia Cristina de Jesús, por ser mi ejemplo, mi fortaleza y una fuente inagotable de amor.
MIS HERMANOS	Grissel Eugenia de Jesús, Miguel Ángel Omar, Daniela Kristy María y Noeli, por ser mis compañeros de viaje en la vida.
MI ABUELA	María Argelia Roca (Q.E.P.D) por haber sido un ejemplo de sacrificio, esfuerzo y amor.
MIS TÍOS	Dora, Aydé, Ilda, Tránsito, José, Griselda, Pedro, Manuel, Mario, Ángel, Juan (+), Eduardo (+) y Antonio (+) por su apoyo y cariño.
MIS FAMILIA	A todos mis primos y demás familia, por su cariño incondicional.
MIS AMIGOS	Rubén, Osmar, Diego, Jorge y Flor, por su valiosa amistad.
MI AMIGO	Ramón Sarazúa Gálvez, por su amistad y sus sabios consejos
MIS AMIGOS	Alejandro Duque, Mauro Morales, Wilmer Colocho, Wilson González, Cristian Zamora, Edwin López, Leopoldo Valle, Elmer Bala, Edwin Valdés, Gabriel Rivera, Alfonso Hernández, Fernando Casia, Víctor Cazali, Luis Xicay, Derian Albizuris, Sergio Alonzo y Félix Martínez.
MIS COMPAÑEROS	Gerson Arias, Brayan Bautista, Nancy Solares, Vivi Oliva, Olga Marroquín y Adriana Montejo por su amistad y cariño.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS, NUESTRO AMIGO MÁS SINCERO

MI PATRIA ADORADA, GUATEMALA

MI ALMA MÁTER, LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

MIS PROFESORES

SAN MARTIN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO

MI QUERIDA Y APRECIADA FAMILIA

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores Dr. David Monterroso Salvatierra, Dr. Iván Dimitri Santos y Dr. Marvin Salguero, por su amistad, sus consejos, su constante apoyo y su colaboración en el enriquecimiento de este documento.

Familia Ruano Roca Por su amor, cariño y apoyo incondicional.

Yara Guatemala S.A. Por brindarme la oportunidad de desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado como parte de su equipo de trabajo, así como a los técnicos Ing. Agr. Arturo Cruz, Ing. Agr. Gladys Arévalo, Ing. Agr. Hugo Hernández e Ing. Agr. Jorge Rosales y demás empleados de la empresa por su amistad y apoyo.

Administradora de Negocios e Inversiones S.A. (ANISA) Por permitirme desarrollar mi trabajo profesional en sus fincas papayeras y en especial al Ing. Agr. Obdulio Galicia, Ing. Agr. Gerardo Flores, Br. Fabricio Rosales y Br. Julio Alvarado por tratarme cómo un amigo más desde mi llegada a Las Cruces, Petén.

Amigos de la infancia Por estar conmigo en las buenas y en las malas

Amigos de la universidad Por haber disfrutado de la vida universitaria y de muchas anécdotas junto a ustedes: Alegría, Pacha, Tilico, Colocho, Marcelo, Polo, Nene, Chejo, Casia, Cazali, Chex, Bala, Terraux, Canche, Pocho y Winny.

Compañeros y amigos Por haber contribuido a la culminación de mi carrera y a la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	Página
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO GENERAL DEL CULTIVO DE PAPAYA	
(<i>Carica papaya</i> L.) EN LA EMPRESA ANISA, LAS CRUCES PETÉN.	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos	4
1.3 METODOLOGÍA.....	4
1.3.1 Reconocimiento del área de estudio.	4
1.3.2 Recolección de información primaria	4
1.3.3 Recolección de información secundaria.....	5
1.3.4 Análisis de la información	5
1.3.5 Elaboración del diagnóstico	5
1.4 RESULTADOS	5
1.4.1 Descripción general de la empresa Yara Guatemala S.A.	5
1.4.2 Descripción de la finca El Pilar, ANISA.....	6
1.4.3 Condiciones biofísicas	6
1.4.4 Condiciones climáticas	6
1.4.5 Descripción del manejo del cultivo de papaya en la finca	6
1.4.6 Análisis F.O.D.A.	11
1.4.7 Descripción de la problemática.....	12
1.4.8 Árboles de problemas.....	13
1.4.9 Matriz de priorización de problemas	19
1.5 CONCLUSIONES.....	20
1.6 RECOMENDACIONES.....	21
1.7 BIBLIOGRAFÍA	22

CAPÍTULO II: EFECTO DE TRES NIVELES DE CALCIO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPAYA (<i>Carica papaya</i> L.) EN LA FINCA EL PILAR, EMPRESA ANISA, LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A.	23
2.1 PRESENTACIÓN.....	25
2.2 MARCO CONCEPTUAL	27
2.2.1 La papaya	27
2.2.2 Origen de la papaya.....	27
2.2.3 Clasificación taxonómica.....	28
2.2.4 Morfología de la papaya.....	28
2.2.5 Tipos de plantas.....	28
2.2.6 Componentes de la planta de papaya	30
2.2.7 Clasificación de frutos y su forma.....	34
2.2.8 Requerimientos edafoclimáticos.....	36
2.2.9 Nutrición vegetal	37
2.2.10 Importancia de los nutrientes en la planta.....	38
2.2.11 El calcio	40
2.2.12 Antecedentes de la investigación.....	46
2.3 MARCO REFERENCIAL.....	49
2.3.1 Ubicación	49
2.3.2 Extensión	49
2.3.3 Vía de acceso	49
2.3.4 Características biofísicas	49
2.3.5 Área libre de la mosca del mediterráneo.	51
2.3.6 Análisis foliar	52
2.3.7 Análisis de suelo para la finca en el año 2017.....	53
2.4 OBJETIVOS.....	54
2.4.1 General	54
2.4.2 Específicos.....	54

Página

2.5	HIPÓTESIS	54
2.6	METODOLOGÍA.....	55
2.6.1	Establecimiento del experimento	55
2.6.2	Características del material experimental	55
2.6.3	Diseño experimental	55
2.6.4	Tratamientos.....	56
2.6.5	Cantidad de agua para tratamientos	57
2.6.6	Descripción de la unidad experimental	57
2.6.7	Croquis de campo	57
2.6.8	Manejo del experimento	58
2.6.9	Variables respuesta	60
2.6.10	Análisis de la información.....	62
2.7	RESULTADOS	64
2.7.1	Frutos cuajados por planta de papaya	64
2.7.2	Porcentaje de rechazo	67
2.7.3	Longitud de fruto.....	71
2.7.4	Diámetro ecuatorial de fruto.....	73
2.7.5	Peso de fruto	76
2.7.6	Sólidos solubles en el mesocarpio (grados Brix).....	77
2.7.7	Vida de anaquel.....	80
2.7.8	Características cualitativas para los diferentes tratamientos.....	82
2.7.9	Evaluación de nutrimentos a nivel foliar	84
2.7.10	Análisis económico.....	88
2.8	CONCLUSIONES.....	91
2.9	RECOMENDACIONES.....	92
2.10	BIBLIOGRAFÍA	93
2.11	ANEXOS	96

CAPÍTULO III: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN LA EMPRESA

YARA GUATEMALA S.A. Y ANISA, LAS CRUCES, DEPARTAMENTO DE PETÉN.....	101
3.1 PRESENTACIÓN.....	103
3.2 OBJETIVOS.....	104
3.2.1 Objetivo General	104
3.2.2 Objetivos Específicos	104
3.3 SERVICIO 1: Efecto de diferentes dosis de boro, zinc y calcio en la formación de flores y frutos en el cultivo de papaya (<i>Carica papaya</i> L.)	105
3.3.1 Planteamiento del problema.....	105
3.3.2 Objetivos.....	105
3.3.3 Metodología	106
3.3.4 Resultados	111
3.3.5 Conclusiones	118
3.3.6 Evaluación	118
3.3.7 Recomendaciones	118
3.4 SERVICIO 2: Elaboración de una abonera con residuos de papaya en la finca Gratitude, en la empresa ANISA.....	119
3.4.1 Presentación	119
3.4.2 Objetivos.....	119
3.4.3 Metodología	120
3.4.4 Resultados	122
3.4.5 Conclusiones	124
3.4.6 Evaluación	124
3.4.7 Recomendaciones	124
3.5 SERVICIO 3: Recolección de muestreos de suelo, planta y agua.....	125
3.5.1 Planteamiento del problema.....	125
3.5.2 Objetivos.....	125
3.5.3 Metodología	126

	Página
3.5.4 Resultados	128
3.5.5 Conclusiones	132
3.5.6 Evaluación	132
3.5.7 Recomendaciones	133
3.6 Servicio 4. Identificación de las etapas fenológicas y principales actividades de manejo en el cultivo de papaya.....	134
3.6.1 Planteamiento del problema	134
3.6.2 Objetivos	134
3.6.3 Metodología.....	135
3.6.4 Resultados	136
3.6.5 Plan de nutrición detallado por mes para el cultivo	144
3.6.6 Conclusiones	151
3.6.7 Recomendaciones	151
3.7 RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SERVICIOS EPS	152
3.8 BIBLIOGRAFÍA	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Árbol de problemas, unidad de investigación.....	13
Figura 2. Árbol de problemas, plan de nutrición.....	15
Figura 3. Árbol de problemas, manejo de plagas y enfermedades.	17
Figura 4. Ciclo del calcio en el suelo.....	43
Figura 5. Climadiagrama Las Cruces, Petén, año 2018.....	50
Figura 6. Croquis de campo	58
Figura 7. Prueba de Tukey para variable frutos cuajados, gráfico de barras	65
Figura 8. Prueba de medias de Tukey para variable porcentaje de rechazo.....	68
Figura 9. Porcentajes de calibre para cada tratamiento	75
Figura 10. Papayas en estado poscosecha para análisis	83
Figura 11. Fruta cosechada.....	83
Figura 12. Niveles foliares de calcio por tratamiento.....	85
Figura 13A. Gráfico de barras para variable frutos promedio cuajados.....	96
Figura 14A. Gráfico de barras porcentaje promedio de rechazo por tratamiento	96
Figura 15A. Gráfico de barras longitud promedio de frutos para los tratamientos	97
Figura 16A. Gráfico de barras para variable diámetro ecuatorial de fruto	97
Figura 17A. Gráfico de barras variable peso promedio de fruto	98
Figura 18A. Gráfico de barras °Bx promedio para los tratamientos evaluados	98
Figura 19A. Gráfico de barras para promedios de vida de anaquel.	99
Figura 20. Croquis de los tratamientos	109
Figura 21. Frutos promedio por árbol de papaya	111
Figura 22. Resultados del análisis de Tukey.....	112
Figura 23. Niveles de calcio a nivel foliar.....	115
Figura 24. Niveles de boro y zinc a nivel foliar	116
Figura 25. Pila de desechos provenientes de las fincas	122
Figura 26. Colocación de materiales para abonera	122
Figura 27. Materiales utilizados para la abonera	123
Figura 28. Abonera en etapa de descomposición	123
Figura 29. Croquis para muestreos de suelo, foliares y de agua en finca Tancho	128

Página

Figura 30. Croquis para recolección de muestras, finca El Pilar.....	129
Figura 31. Croquis de recolección de muestras para finca El Tintal	130
Figura 32. Recolección de muestra de suelo, finca El Tintal	131
Figura 33. Secado de muestras de suelo	131
Figura 34. Planta en fase de vivero V-0	146
Figura 35. Planta en fase vegetativa V-1.....	146
Figura 36. Planta en fase vegetativa V-2.....	147
Figura 37. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-1	147
Figura 38. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-2	148
Figura 39. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-3	148
Figura 40. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-4	149
Figura 41. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-5	149
Figura 42. Planta en fase reproductiva R-1	150
Figura 43. Planta en fase reproductiva R-3	150

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. FODA para la empresa ANISA.....	11
Cuadro 2. Matriz de priorización de problemas.....	19
Cuadro 3. Sexo de las plantas de papaya según progenitor	30
Cuadro 4. Análisis químico del fruto de papaya para América Latina	35
Cuadro 5. Requerimientos nutricionales del cultivo de papaya	37
Cuadro 6. Contenido de calcio en rocas importantes, en porcentaje de óxidos	41
Cuadro 7. Porcentaje de CaO en los minerales principales	42
Cuadro 8. Análisis foliar, finca El Pilar	52
Cuadro 9. Análisis de suelo Finca El Pilar, ANISA.....	53
Cuadro 10. Tratamientos evaluados para la investigación.....	56
Cuadro 11. Cantidad de agua para solubilización de los tratamientos	57
Cuadro 12. Programa nutricional ANISA	59
Cuadro 13. Resultados para variable número de frutos cuajados por tratamiento	64
Cuadro 14. Resultados para la variable frutos cuajados	64
Cuadro 15. Prueba de medias de Tukey para la variable frutos cuajados	65
Cuadro 16. Resultados para variable porcentaje de rechazo.....	67
Cuadro 17. Resultados para la variable porcentaje de rechazo	67
Cuadro 18. Análisis de Tukey para la variable porcentaje de rechazo	68
Cuadro 19. Resultados para variable longitud promedio en metros	71
Cuadro 20. Análisis de varianza para variable longitud de fruto	71
Cuadro 21. Resultados para variable diámetro ecuatorial de fruto en metros	73
Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto	73
Cuadro 23. Porcentaje de frutos por calibre para cada tratamiento	74
Cuadro 24. Resultados para variable peso promedio de fruto en kilogramos	76
Cuadro 25. Análisis de varianza para variable peso promedio de fruto	76
Cuadro 26. Resultados para variable grados Brix.....	77
Cuadro 27. Análisis de varianza para variable grados Brix.....	78
Cuadro 28. Resultados para variable vida de anaquel (días).....	80
Cuadro 29. Resultados para la variable vida de anaquel.....	80

Página

Cuadro 30. Características cualitativas de fruto para cada tratamiento	82
Cuadro 31. Resultados de análisis foliar al inicio del experimento	84
Cuadro 32. Resultados de análisis foliar al final del experimento (cosecha)	84
Cuadro 33. Niveles de Calcio foliares en la investigación	84
Cuadro 34. Relaciones entre los nutrimentos a nivel foliar	86
Cuadro 35. Costos totales de producción para el cultivo de papaya por hectárea.....	88
Cuadro 36. Ingresos brutos por tratamiento	89
Cuadro 37. Ingresos, costos e indicadores financieros	89
Cuadro 38. Productos foliares para ensayo sobre aborto floral	106
Cuadro 39. Tratamientos para la investigación	107
Cuadro 40. Promedio de frutos cuajados por tratamiento	111
Cuadro 41. Resultados del análisis de varianza.....	112
Cuadro 42. Resultados del análisis de Tukey	112
Cuadro 43. Número estimado de cajas por hectárea	114
Cuadro 44. Resultados de análisis foliar para los diferentes tratamientos.....	114
Cuadro 45. Relaciones entre los diferentes elementos a nivel foliar.....	117
Cuadro 46. Muestras de suelo obtenidas en las fincas evaluadas	132
Cuadro 47. Muestreos foliares obtenidos en las fincas evaluadas	132
Cuadro 48. Muestreos de agua realizados en las fincas respectivas	132
Cuadro 49. Etapas de desarrollo de la papaya (<i>Carica papaya</i> L.)	137
Cuadro 50. Actividades principales en el cultivo de papaya (<i>Carica papaya</i> L.)	139
Cuadro 51. Actividades principales en el cultivo de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) (2).....	140
Cuadro 52. Actividades principales en el cultivo de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) (3).....	141
Cuadro 53. Programa de fertilización para el cultivo de papaya (<i>Carica papaya</i>).....	142
Cuadro 54. Programa de fertilización para el cultivo de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) (2)...	143
Cuadro 55. Programa de fertilización para el cultivo de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) (2)...	144
Cuadro 56. Aporte de cada fuente fertilizante por mes para cada planta (g)	145
Cuadro 57. Aportes nutricionales por elemento de cada fuente fertilizante	145
Cuadro 58. Resumen actividades EPSA.....	152

X

**DIAGNÓSTICO GENERAL DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE PAPAYA,
EFECTO DE TRES NIVELES DE CALCIO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPAYA (*Carica
papaya* L.) Y SERVICIOS PROFESIONALES PRESTADOS PARA LA EMPRESA YARA
GUATEMALA S.A. Y ANISA, LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A.**

RESUMEN

Este documento es un compendio de las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) durante los meses de febrero a noviembre de 2018, en el municipio de Las Cruces, departamento de Petén, con apoyo de las empresas Yara Guatemala S.A. y ANISA. Este trabajo, contiene por lo tanto, tres capítulos: un diagnóstico general del manejo agronómico del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) , una investigación titulada “Efecto de tres niveles de calcio en la producción de papaya (*Carica papaya* L.) en la finca El Pilar, Las Cruces, Petén y un informe de servicios profesionales realizados para las empresas antes mencionadas.

El primer capítulo contiene un diagnóstico general del cultivo de papaya en las fincas de ANISA, ubicadas en Las Cruces, Petén, en donde se sintetiza información de importancia en cuanto al manejo del cultivo abarcando actividades que van desde la preparación de suelos hasta la cosecha. De la misma manera se identificaron algunos problemas presentes en las fincas, los cuales se presentan por medio de árboles de problemas y un análisis causa-efecto. Por último se desarrolló una matriz de priorización de problemas para determinar el problema de mayor importancia y a partir de ahí plantear una investigación de importancia para la empresa.

El segundo capítulo trata sobre la investigación, cuyo principal propósito fue evaluar el efecto de tres niveles de calcio en la producción de papaya en la finca El Pilar, propiedad de ANISA, entre los meses de marzo a noviembre. Para la ejecución del experimento se evaluaron tres tratamientos, correspondientes a 75 kg/ha, 100 kg/ha y 125 kg/ha de calcio, además de un testigo absoluto, aplicados en el sistema de fertiriego.

Las variables evaluadas en este estudio fueron peso, longitud, diámetro ecuatorial, porcentaje de rechazo, grados Brix y vida de anaquel; además, se efectuaron análisis foliares al inicio y final de la investigación, para conocer la dinámica del calcio durante el ciclo de producción en la planta. El diseño estadístico utilizado para el análisis de las variables fue uno de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, para un total de dieciséis unidades experimentales. Por último, se realizó un análisis económico para identificar el tratamiento que presentara los mayores beneficios económicos para el productor, utilizando para ello el porcentaje de rentabilidad y la relación beneficio-costeo.

Los resultados obtenidos demostraron que el tratamiento correspondiente a 100 kg/ha de calcio presentó un mayor número de frutos cuajados por árbol y un porcentaje de rechazo menor al resto de tratamientos evaluados (22.42 %), siendo el tratamiento que presentó los mejores índices de producción para las condiciones evaluadas. La reducción del porcentaje de rechazo, según se observó, se debe, en gran medida, a una menor incidencia de *Colletotrichum gloeosporioides* P.

En cuanto a los niveles de calcio a nivel foliar, se observaron resultados similares para los tratamientos evaluados, sin embargo, se observó una leve disminución del nivel para todos los tratamientos al final de la investigación. Además, se determinó que las relaciones de bases Ca/K y Ca/Mg estaban fuera del rango establecido, por el desbalance de bases existentes en el suelo. El análisis económico, por su parte, demostró que el tratamiento de 100 kg/ha de calcio, es la opción económica más viable, pues presentó un porcentaje de rentabilidad de 126.05 % y una relación beneficio-costeo de 2.26.

El tercer capítulo, finalmente, presenta los servicios profesionales realizados para las empresas Yara Guatemala y ANISA. Los servicios trabajados comprenden una investigación sobre el efecto de diferentes dosis foliares de boro, zinc y calcio en la floración de frutos de papaya en la finca Tancho, ANISA; la elaboración de una abonera con residuos de papaya en la Finca Gratitude; recolección de muestras de suelo, planta y agua en diferentes fincas de la empresa y la identificación de las principales fases fenológicas del cultivo de papaya y sus actividades de manejo.

ABSTRACT

This document is a compendium of the activities carried out during the Professional Supervised Exercise of Agronomy (EPSA) during the months of February to November 2018, in Las Cruces, Petén, with the support of Yara Guatemala S.A. and ANISA. This work, therefore, contains three chapters: a general diagnosis of the agronomic management of the papaya crop (*Carica papaya* L.), a research entitled "Effect of three levels of calcium in the production of papaya (*Carica papaya* L.) at El Pilar, Las Cruces, Petén and a report of professional services.

The first chapter contains a general diagnosis of papaya crop in the farms of ANISA, located in Las Cruces, Petén, where important information is synthesized regarding the management of the crop; covering activities ranging from soil preparation to harvest. In the same way, some problems present in the farms were identified, which are presented through problem trees and a cause-effect analysis. Finally, a problem prioritization matrix was developed to determine the most important problem, and from there, to pose an important research for the company.

The second chapter is about research, whose main purpose was to evaluate the effect of three levels of calcium in the production of papaya at El Pilar, owned by ANISA, between the months of March to November. For the execution of the experiment, three treatments were evaluated, corresponding to 75 kg/ha, 100 kg/ha and 125 kg/ha of calcium, in addition to an absolute control, applied in the fertigation system.

The variables evaluated in this study were weight, length, equatorial diameter, rejection percentage, Brix degrees and shelf life; in addition, foliar analyzes were carried out at the beginning and end of the research, to know the dynamics of calcium during the production cycle in the plant. The statistical design used for the analysis of the variables was one of randomized complete blocks, with four repetitions, for a total of sixteen experimental units. Finally, an economic analysis was carried out to identify the treatment that presented the greatest economic benefits for the producer, using the percentage of profitability and the benefit-cost ratio.

The results obtained showed that the treatment corresponding to 100 kg/ha of calcium had a greater number of fruit set per tree and a lower percentage of rejection than the rest of the evaluated treatments (22.42%), being the treatment that presented the best indices of production for the conditions evaluated. The reduction of the percentage of rejection, as observed, is due, to a large extent, to a lower incidence of *Colletotrichum gloeosporioides* P.

Regarding the levels of calcium at leaf level, similar results were observed for the treatments evaluated, however, a slight decrease in the level was observed for all the treatments at the end of the investigation. In addition, it was determined that the base ratios Ca/K and Ca/Mg were outside the established range, due to the bad balance of existing bases in the soil. The economic analysis, on the other hand, showed that the treatment of 100 kg/ha of calcium, is the most viable economic option, since it presented a profitability percentage of 126.05% and a benefit-cost ratio of 2.26.

The third chapter, finally, presents the professional services performed to Yara Guatemala and ANISA. The services studied include research on the effect of different foliar doses of boron, zinc and calcium on the flowering of papaya fruits in Tancho farm, ANISA; the elaboration of compost with residues of papaya in Gratitud farm; collection of soil, plant and water samples in different farms of the company and identification of the main phenological phases of the papaya crop and its management activities.

The seal of the Universidad de las Américas, Carolina, is a circular emblem. It features a central shield with a blue sky, a yellow sun, and a green landscape. The shield is surrounded by a grey border containing the Latin text "CAROLINA ACADEMIA COACTEMMALENSIS INTER CETERAS ORBIS CONSPICUA".

CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO GENERAL DEL CULTIVO DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) EN LA EMPRESA ANISA, LAS CRUCES PETÉN.

1.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la producción de papaya (*Carica papaya* L.) ha aumentado de manera considerable, especialmente en el departamento de Petén, región declarada libre de la mosca del mediterráneo y que presenta condiciones edáficas y climáticas idóneas para el desarrollo de este cultivo. Una de las organizaciones de mayor reconocimiento en la industria papayera nacional es la empresa ANISA (Administradora de Negocios e Inversiones S.A.), ubicada en el municipio Las Cruces, Petén y que inició operaciones para la producción de este cultivo hace ya algunos años. Actualmente, la empresa cuenta con varias fincas y una extensión aproximada de 500 ha.

Debido a que el cultivo de papaya es relativamente reciente en la zona, existen prácticas de manejo que pueden ser mejoradas para asegurar mayores rendimientos, sin que eso signifique comprometer los recursos para el futuro. En tal sentido, se realizó este diagnóstico con el objetivo de conocer el funcionamiento general de la finca e identificar los principales problemas que afectan al sistema papaya.

En este documento se presentan datos generales sobre la administración y organización de la finca El Pilar, perteneciente a ANISA, y, de manera general, todos los temas relacionados al manejo agrícola del cultivo, tales como preparación de tierras, establecimiento del cultivo, manejo de malezas, irrigación, nutrición vegetal, principales plagas y enfermedades, manejo de cosecha, entre otros. Con base a dicha información, se elaboró un análisis FODA del sistema papaya en la finca y se utilizó la herramienta “árbol de problemas” para determinar las causas y los efectos de los principales problemas. Posteriormente se realizó un análisis causa-efecto para cada uno de los problemas y se determinó el problema de mayor importancia en base a una matriz de priorización de problemas.

Toda la información recabada en este documento puede servir como guía para todo aquel que esté interesado en conocer de manera general el cultivo de papaya e involucrarse en esta creciente industria, que, sin duda alguna, seguirá floreciendo y produciendo dividendos para el departamento de Petén y la población guatemalteca en general.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conocer la situación general del cultivo de papaya (*Carica papaya*) en la finca El Pilar, ANISA, municipio Las Cruces, Petén para detectar los problemas principales observados en el sistema.

1.2.2 Específicos

1. Describir las actividades de manejo que se llevan a cabo en el cultivo de papaya en la finca El Pilar.
2. Identificar los principales problemas que afectan al sistema papaya de la finca El Pilar.
3. Priorizar y determinar el problema de mayor importancia del sistema papaya en la finca El Pilar.

1.3 METODOLOGÍA

1.3.1 Reconocimiento del área de estudio.

Para reconocer el área de estudio, se realizó una visita a la finca, con el encargado de ventas de Yara Guatemala S.A., para dicha región, Ing. Agr. Jorge Rosales y el técnico de la empresa, Ing. Agr. Arturo Cruz. Posteriormente se realizó un reconocimiento de toda la finca con el jefe de dicha unidad productiva, Ing. Agr. Obdulio Galicia, en donde se observó todo el proceso productivo de la papaya.

1.3.2 Recolección de información primaria

Para la recolección de dicha información, se realizaron entrevistas informales con el personal encargado de la finca. Con la información recabada, se pretendía conocer a fondo generalidades de la finca, actividades realizadas durante el ciclo de producción y los principales problemas en la finca.

1.3.3 Recolección de información secundaria

Se consultó el sitio web de la empresa para conocer a detalle el trabajo de la empresa Yara en el cultivo de papaya. Posteriormente se buscó información en tesis de grado, trabajos de graduación, diagnósticos previos, revistas especializadas, entre otros, para tener una visión general del cultivo de papaya en dicha área.

1.3.4 Análisis de la información

Se realizó un análisis de la información obtenida y se contrastó la misma con las fuentes primarias y secundarias; posteriormente se desarrolló un análisis F.O.D.A. de la finca. Después, se realizaron varios árboles de problemas de acuerdo con las problemáticas detectadas; con dicha información, se efectuó una matriz de priorización de problemas para identificar el problema de mayor importancia.

1.3.5 Elaboración del diagnóstico

Se realizó el diagnóstico con la información obtenida después de analizada la información el cual fue revisado y corregido por el docente supervisor, Dr. David Monterroso.

1.4 RESULTADOS

1.4.1 Descripción general de la empresa Yara Guatemala S.A.

Yara es una empresa multinacional con operaciones y oficinas en más de 60 países y ventas en más de 160 países (incluido Guatemala) y que se desempeña en cuatro segmentos de negocios, siendo estos: nutrición vegetal, soluciones industriales, cadena de suministros y producción (Yara 2018).

La empresa ofrece un amplio portafolio de productos para la nutrición vegetal, que han sido desarrollados con la más alta tecnología y controles rigurosos, de manera la compañía pueda lanzar al mercado productos confiables y de calidad. Yara, además, es una empresa comprometida con la búsqueda de una agricultura sostenible, y por tal manera impulsa la aplicación del conocimiento agronómico y tecnológico para ofrecer insumos de calidad para los agricultores y al mismo tiempo, colaborar con la sostenibilidad del planeta (Yara 2018).

1.4.2 Descripción de la finca El Pilar, ANISA

La finca El Pilar está ubicada en el municipio Las Cruces, en el departamento de Petén. Anteriormente, este municipio era una aldea de La Libertad, hasta que fue declarado bajo su rango actual el 22 de noviembre de 2011. La empresa ANISA, fundada en el 2011, cuenta con aproximadamente 500 ha y se dedica a la producción de papaya, la cual después de cosechada, es clasificada en base a su calidad para uso local o exportación. La empresa vende su producto en el mercado local, así como exportaciones a Estados Unidos y El Salvador.

1.4.3 Condiciones biofísicas

La finca se encuentra ubicada en suelos cuyo material parental es sedimentario calizo. Los suelos son poco profundos, bien drenados. Además se encuentra en la región fisiográfica Cinturón Plegado del Lacandón; en cuanto a las zonas de vida de Holdridge, el municipio se encuentra ubicado entre las zonas bosque húmedo subtropical cálido bh-S (c) y bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S (c) (Duro 2014).

1.4.4 Condiciones climáticas

La finca está ubicada en las coordenadas 16.659092 Latitud Norte y 90.289593 Longitud Oeste, a una altura de aproximadamente 130 m s. n. m. Cuenta con una precipitación promedio anual de 1500 mm a 2000 mm. La temperatura promedio anual se ubica entre 24 °C a 26° C. Las amenazas por sequía son bajas y la presencia de fuertes vientos es constante (Duro 2014).

1.4.5 Descripción del manejo del cultivo de papaya en la finca

A. Obtención de pilones

El proceso de producción inicia con la fase de vivero, para el caso de la finca, estos son adquiridos y posteriormente llevados a campo definitivo. La variedad utilizada en la finca es Tainung I y al momento de la siembra se cuenta con plantas hembras y hermafroditas. Debido a la preferencia de las plantas hermafroditas en la plantación por sus características de mercado, se realiza la práctica de sexado aproximadamente dos o tres meses después

del trasplante cuando la planta expresa su sexo, eliminando las plantas femeninas y priorizando únicamente plantas hermafroditas en el campo.

B. Preparación de suelos y trasplante a campo definitivo

Se realiza el arado del suelo en general, además de las actividades de limpieza del terreno. Posteriormente se preparan los surcos y se deja el suelo listo para el cultivo. Para realizar estas actividades la empresa cuenta con maquinaria propia y realiza pasos de rastro y arado para preparación del suelo. Los surcos realizados son relativamente altos (0.5 m a 0.6 m) y el distanciamiento entre surcos es de 3.5 m. En el caso de las plantas, el distanciamiento inicial es de 0.3 m, aunque con la práctica de sexado este puede aumentar o disminuir. Por lo general se dejan entre 94 a 96 plantas por surco y se tiene una densidad promedio de 1400 plantas/ha.

C. Manejo de malezas

El problema de malezas en este cultivo se maneja con sumo cuidado, debido a que en fases tempranas del cultivo compiten por luz, agua y nutrimentos, lo que reduce el rendimiento y calidad del cultivo. El control de estas se hace de manera manual al inicio de las siembras, junto a la práctica del sexado y en fases posteriores del cultivo se realiza un control químico, utilizando productos como sulfonil ureas, paraquat, entre otros ingredientes activos. Las malezas que más presentan problemas son las de la familia de las gramíneas (*Poaceae* spp.), ciperáceas (*Cyperaceae* spp.), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), malezas de hoja ancha, entre otras.

D. El riego

El riego se maneja por medio de sistema por goteo y también se cuenta con sistema de fertirrigación. Se realiza riego por un periodo de 1.5 h/día y se utiliza un promedio de 25 L de agua por planta y en condiciones críticas puede aumentar, dependiendo la humedad del suelo. Se aplica una lámina promedio de 3 mm/día. El agua es obtenida de pozos subterráneos y bombeada mediante motores diésel. Las parcelas están divididas en válvulas y cada válvula representa un total de 3.4 ha.

E. Manejo Integrado de Plagas

Las plagas de mayor importancia son los ácaros, especialmente del género *Tetranychus* spp., mosca blanca (*Bemisia tabaci* G.), áfidos o pulgones (*Aphididae* spp.), entre otras. Para el control de estas plagas se utiliza principalmente control químico; entre los productos que normalmente se aplican se encuentran la abamectina, piretroides, imidacloprid, entre otras.

Es importante resaltar que la zona del Petén ha sido declarada libre de la mosca del mediterráneo, lo que representa una ventaja competitiva para el desarrollo del cultivo de esta región y al mismo tiempo, una imagen sólida en el mercado internacional por la ausencia de esta.

F. Manejo de Enfermedades

Las enfermedades que mayormente afectan al cultivo en las condiciones de la finca son las pudriciones de raíz causadas por *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp. y *Fusarium* spp., antracnosis ocasionada por *Colletotrichum* spp., Botrytis, entre otras. Una de las ventajas es que la variedad Tainung I presenta tolerancia al virus de la mancha angular. Las enfermedades son manejadas mediante prácticas culturales como la recolección de papayas maduras, hojas provenientes de las podas, aplicación de cal, entre otras. En cuanto al control químico, se prefiere la utilización de triazoles y estrobirulinas.

G. Nutrición Vegetal

La finca se encuentra ubicada en las series de suelos Chacalté y Chachaclún, según Simmons, *et. al.* (1959), suelos que se caracterizan por ser profundos y bien drenados. El pH del suelo ha sido determinado como neutro (valores entre 5.5 a 6.5) y la textura clasificada como franco-arcillosa.

La empresa realiza análisis de suelo y foliares, siendo los de los años 2016 y 2017 los últimos en realizarse. Entre los fertilizantes aplicados se encuentran granulares y solubles con fórmulas N-P-K y complementados con micronutrientes. Los fertilizantes son aplicados mediante el sistema de fertiriego y también de forma manual, cada quince días durante todo

el desarrollo del cultivo. Los programas son dinámicos y se van adaptando a las condiciones y necesidades del cultivo.

Otra de las prácticas que se realizan en las fincas es la aplicación de materia orgánica, especialmente gallinaza y algunas otras enmiendas agrícolas. Se aplican alrededor de 6800 kg/ha de gallinaza de fondo y 4500 kg/ha, cuando a plantación empieza su etapa de floración. No se trabaja con cultivos de cobertura ni prácticas de conservación de suelos pues la mayoría del terreno es de topografía plana.

H. Práctica de sexado

Esta se realiza con el objetivo de seleccionar las plantas hermafroditas después de trasplante. Después de la siembra, se seleccionan únicamente las plantas hermafroditas mediante la observación de la flor respectiva, de dos a tres meses después del trasplante. Esto se realiza porque las papayas obtenidas de plantas hermafroditas son de mayor rendimiento y calidad, mientras que las femeninas no son aceptadas en el mercado por su apariencia redonda.

I. Cosecha

Las plantaciones de papaya tienen diferentes edades, por lo que la producción se mantiene durante todo el año con rendimientos de 100-120 T/ha. El ciclo de producción para una planta es de 8 a 10 meses, tiempo después del cual se obtiene la cosecha. Las papayas son cosechadas y posteriormente son seleccionadas en base a su calidad, dividiéndose en categorías diferentes. Las papayas que presentan daño mecánico, manchas, baja dureza, tamaño inadecuado, entre otros factores son vendidas como rechazo; mientras que las papayas de mayor calidad, con grados Brix adecuados, dureza, sin manchas, entre otras características son empacadas para exportación. Se venden cajas con un peso aproximado de 14 kg y el número de papayas depende del calibre de la papaya. Posteriormente estas son trasladadas a las embarcaciones las cuales las llevan a los mercados de exportación, mientras que otra parte se vende en el mercado local.

J. Mano De Obra

Las personas son contratadas para diferentes actividades dentro del sistema de producción del cultivo. El salario que obtienen las personas en campo es de Q. 75.00 por día, tienen derecho a un plan de prestaciones y a trabajar horas extra remuneradas. La empresa cuenta con empleados propios y otros que son contratados para actividades específicas y que se contratan por un tiempo definido. En cuanto a los técnicos y otros empleados tienen salarios más altos de acuerdo con el puesto que desempeñan.

1.4.6 Análisis F.O.D.A.

Con la información obtenida, se desarrolló un análisis FODA para ANISA en el cultivo de papaya, el cual se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. FODA para la empresa ANISA

FORTALEZAS -La finca se encuentra en una región libre de la mosca del mediterráneo, lo que representa una ventaja competitiva para la empresa. -Apertura a mercados en Estados Unidos y El Salvador. -Plantaciones en diversas etapas fenológicas que permiten contar con producción durante todo el año. -Disponibilidad de infraestructura para el empaque, manejo y conservación del fruto en condiciones adecuadas. -Disponibilidad de maquinaria y equipo agrícola.	OPORTUNIDADES -Apertura de otros mercados de exportación. -Aumentar rendimientos y calidad del cultivo. -Alta disponibilidad de mano de obra. -Posicionamiento del cultivo a nivel nacional e internacional. -Mejoramiento de las vías de comunicación a la finca.
DEBILIDADES -Deterioro de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. -Pérdida de producto debido a que no cumple con los estándares de calidad. -Presencia de plagas y enfermedades que disminuyen el rendimiento y afectan la calidad del fruto. -Ausencia de una unidad de investigación. -Falta de mano de obra calificada.	AMENAZAS -Caída de precios del producto a nivel nacional e internacional. -Disminución de los recursos a largo plazo. -Cambio climático y disminución de los recursos. -Fuertes vientos ocasionados por las condiciones de la región que han provocado pérdidas en el pasado.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Como se puede observar en el cuadro anterior, las fortalezas y debilidades son aspectos internos de la empresa, por lo cual se puede trabajar en potenciar dichas fortalezas y en disminuir las debilidades que se presentan actualmente. La empresa cuenta con varias ventajas competitivas como encontrarse en una zona libre de la mosca del mediterráneo, apertura de mercados de exportación, condiciones para desarrollo del cultivo, por lo que es necesario utilizar estas ventajas para mejorar la calidad e imagen de la empresa.

En cuanto a las debilidades, es de suma importancia contar con una unidad investigativa que permita implementar mejores prácticas dentro de la finca y al mismo tiempo capacitar al personal. En cuanto a las oportunidades y amenazas; estas son externas, por lo que se debe tratar de influir en ellas de la mejor manera. Las oportunidades de abrir nuevos mercados, aumentar rendimientos y calidad y mejorar el acceso a la finca, deben tomarse como prioridad para mejorar la empresa. En cuanto a las amenazas, es necesario seguir invirtiendo en la empresa, potenciando fortalezas para estar preparados para cualquier eventualidad.

1.4.7 Descripción de la problemática

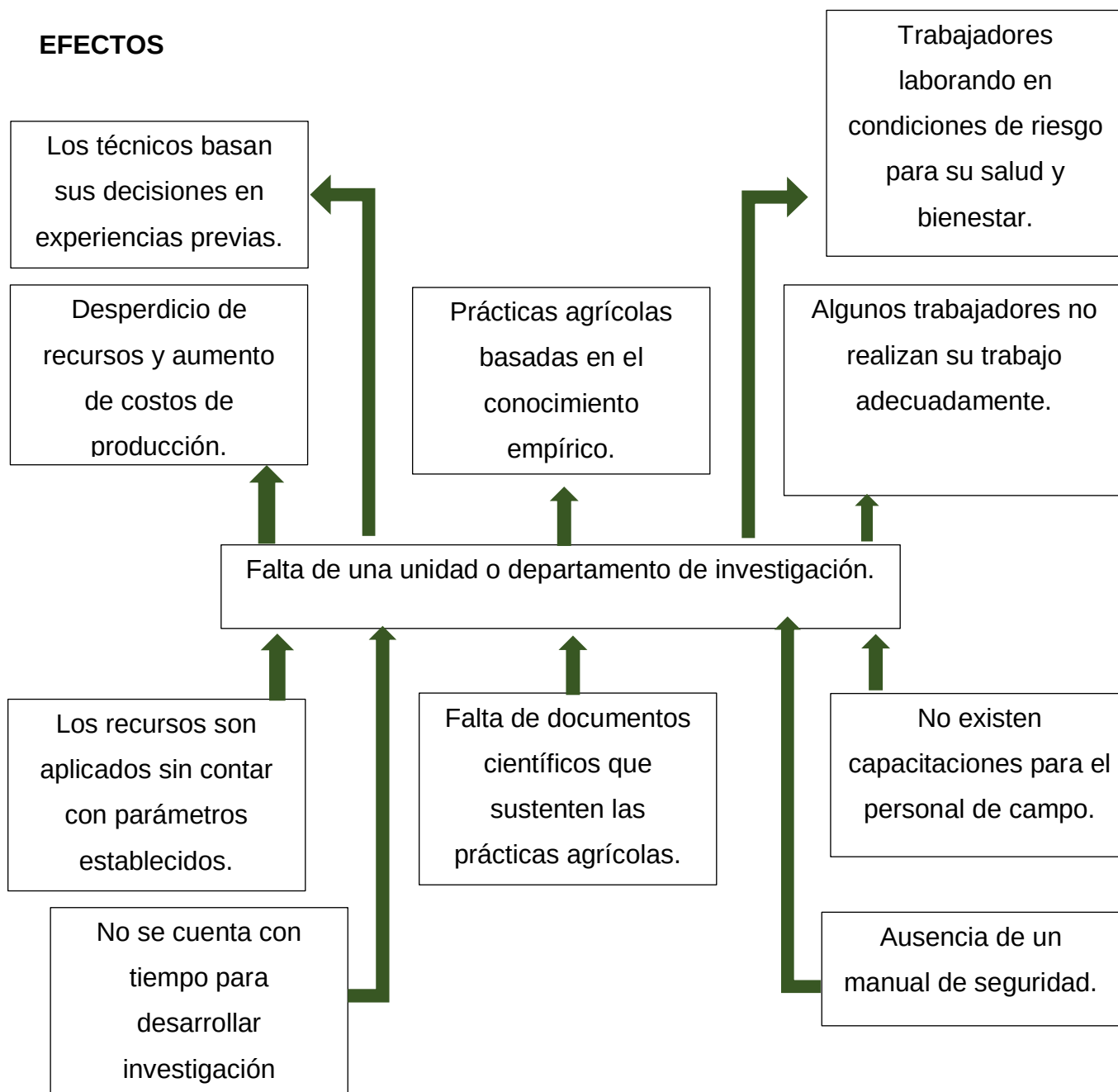
A pesar del corto periodo que tiene el proyecto de papaya de ANISA, las prácticas agrícolas que se realizan en la finca son adecuadas, aunque como en todo proyecto de esta categoría, existe un margen de mejora para lograr mejores resultados a mediano y largo plazo. De tal manera, los principales problemas que se detectaron en la finca fueron los siguientes:

- Falta de una unidad o departamento de investigación.
- Plan de nutrición vegetal incompleto e insuficiente para las necesidades del cultivo.
- Ausencia de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades.

Todos estos problemas, presentan una serie de causas y efectos que afectan al cultivo de papaya y comprometen la producción a mediano-plazo. Cada uno de estos problemas será abordado con detenimiento en los árboles de problemas que se presentan en las figuras 1, 2 y 3.

1.4.8 Árboles de problemas

EFFECTOS



CAUSAS

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 1. Árbol de problemas, unidad de investigación.

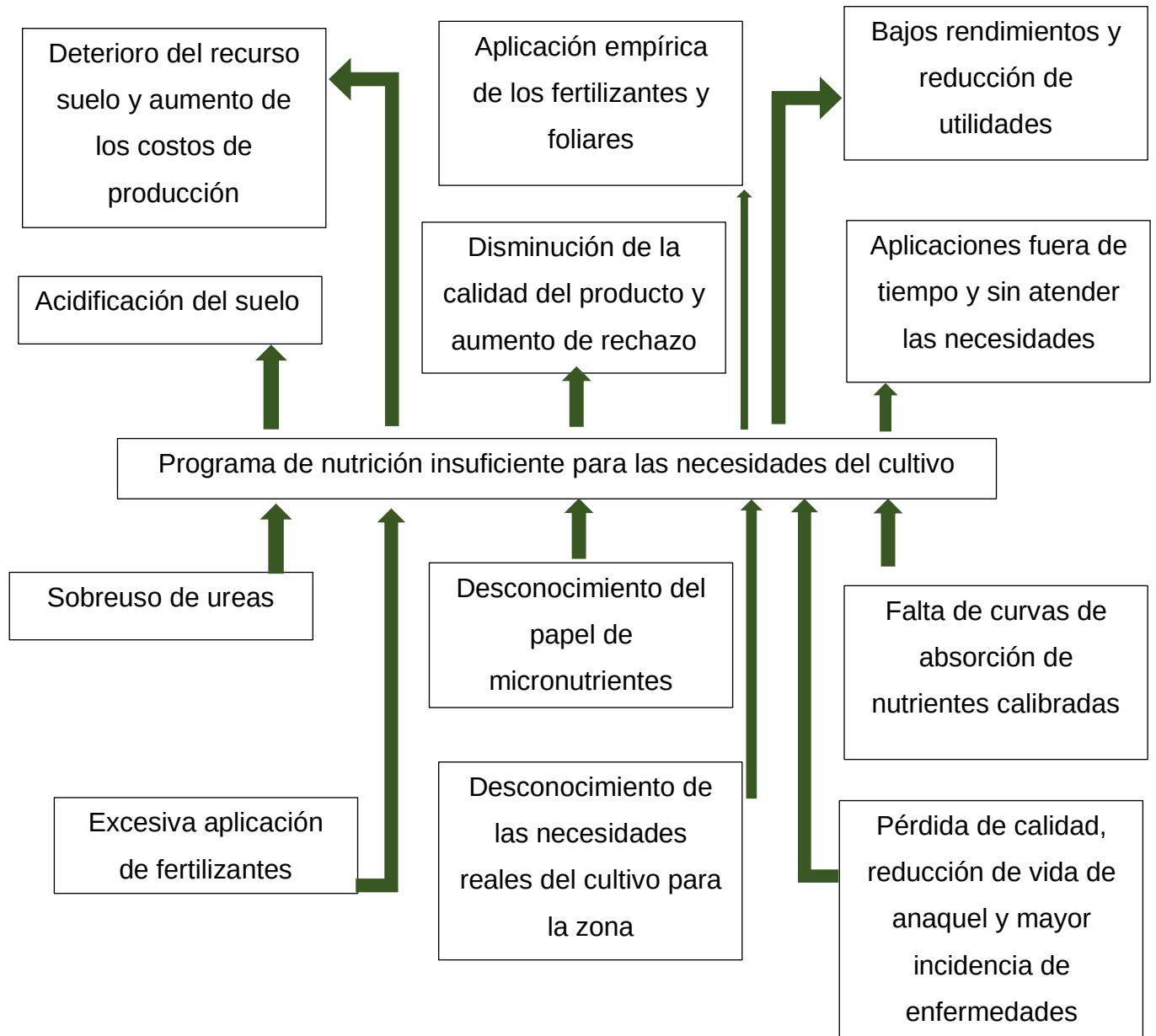
Análisis causa-efecto

El gráfico anterior muestra la importancia que tiene implementar una unidad de investigación dentro de la organización de la finca. Es importante resaltar que, si la empresa invirtiera en generar sus propios conocimientos, ahorraría en recursos y los resultados esperados mejorarían considerablemente.

Se observa, por ejemplo, que no existen capacitaciones técnicas ni de seguridad para el personal, por lo que este factor pone en riesgo la salud y bienestar del trabajador. Es necesario que el trabajador utilice equipo de seguridad durante las aplicaciones de fungicidas, que sepa manejar los equipos de riego, que respeten las medidas dentro de la empacadora, entre otros.

De la misma manera, muchas empresas de agroquímicos, fertilizantes, enmiendas orgánicas y otros productos de tipo agrícola, están interesados en realizar trabajos en las fincas y vender sus productos, por lo que es necesario contar con esta unidad para que se puedan realizar pruebas y demostrar que dichos productos son adecuados para el cultivo.

EFFECTOS



CAUSAS

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 2. Árbol de problemas, plan de nutrición.

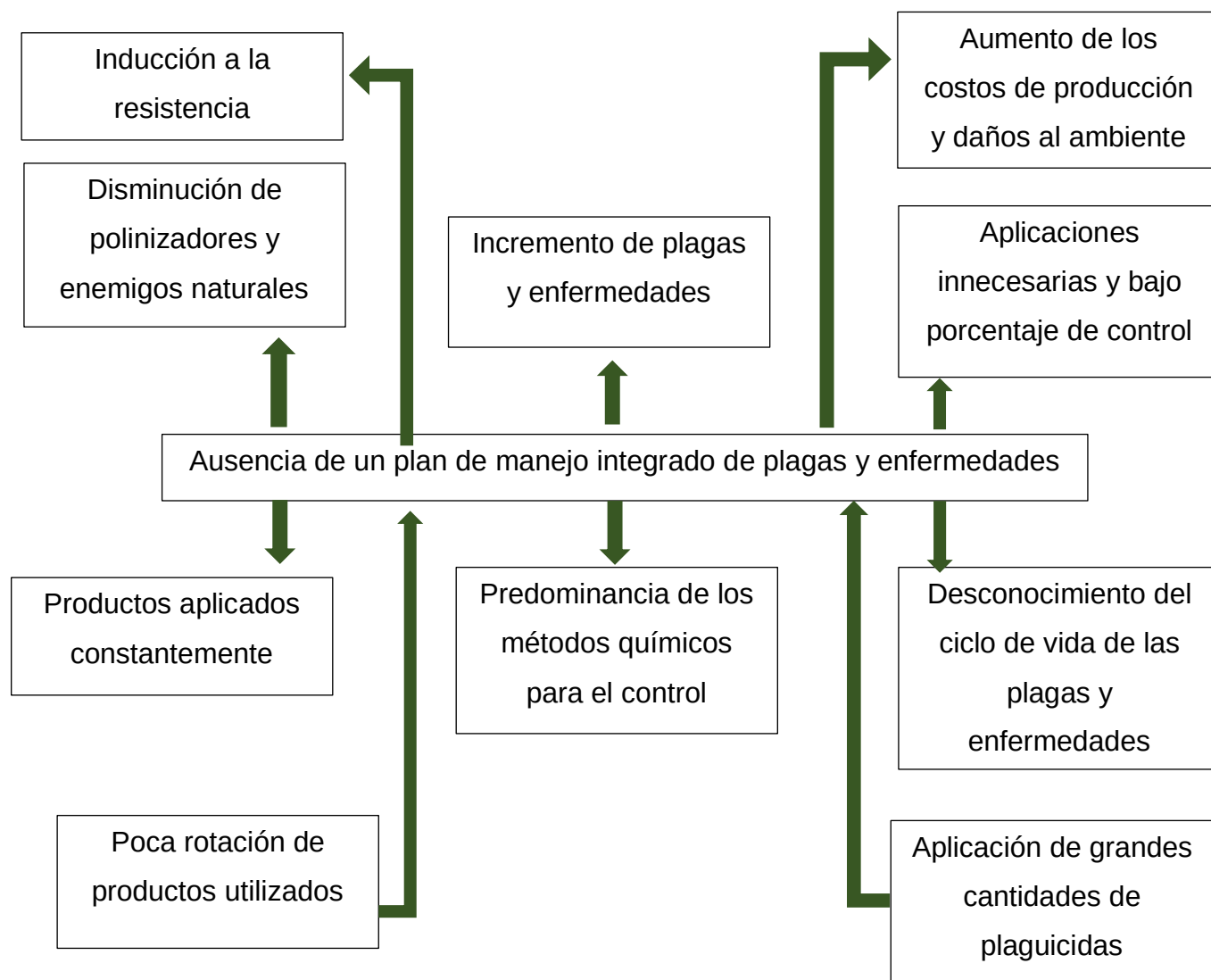
Análisis causa-efecto

La papaya, al igual que los demás cultivos, tiene diferentes necesidades nutricionales durante su desarrollo y existen etapas fenológicas en donde la planta exige un mayor aporte de nutrientes o bien, un órgano en específico necesita de una mayor cantidad de un elemento en especial.

A pesar de que la finca cuenta con análisis de suelo, se desconoce si estos se realizaron realizando un muestreo adecuado, lo que es fundamental para tener una visión general de las características del suelo. A pesar de ello, dichos análisis sirven de poco pues las aplicaciones se realizan sin atender las necesidades del cultivo pues no se cuentan con curvas de absorción de la planta ni tampoco con los requerimientos reales para las condiciones de la zona.

Se ha observado también, el sobreuso de ureas que contribuyen al deterioro del suelo aumenta los costos de producción por la volatilización del nitrógeno y que afecta directamente al ambiente. En el caso de su utilización en fertiriego, no es recomendable y repercute en la acidificación del suelo. Es importante verificar constantemente la acidez del suelo y manejar adecuadamente el recurso suelo para conservar el cultivo en las mejores condiciones para mediano y largo plazo.

EFFECTOS



CAUSAS

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 3. Árbol de problemas, manejo de plagas y enfermedades.

Análisis causa-efecto

Anteriormente se tenía la idea de que la mejor manera de controlar una plaga o enfermedad era mediante la aplicación de productos químicos. Esta concepción ha quedado obsoleta y a partir de ahora, se toma el concepto de MIP, en donde el uso de alternativas químicas debe ser la última opción.

En el caso de la finca ANISA, no se cuenta con un plan MIP para manejar adecuadamente cada una de las plagas y enfermedades que afectan el cultivo. Esto se observa en las aplicaciones de plaguicidas, sin conocer la biología, ciclo de vida, comportamiento de la plaga, entre otros aspectos que se deben tomar en cuenta para aumentar el porcentaje de control.

Además, la excesiva aplicación de productos químicos puede llevar a un mediano plazo a la inducción de resistencia, que puede ser provocada también por no rotar las familias químicas o productos dentro de una familia; además de repercutir en la biodiversidad disminuyendo la población de enemigos naturales y polinizadores. De la misma manera es recomendable utilizar organismos biológicos como entomopatógenos, depredadores o parasitoides que contribuyen a un mejor manejo de las plagas y enfermedades.

1.4.9 Matriz de priorización de problemas

Los problemas planteados anteriormente se evaluarán en la siguiente matriz para determinar el de mayor importancia para la finca. Los resultados se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Matriz de priorización de problemas.

No.	Problemas detectados	Aumento en los costos de producción (0-10)	Incidencia en el rendimiento y la calidad (0-10)	Afecta la sostenibilidad del cultivo (0-10)	Total
1	Falta de una unidad o departamento de investigación	8	8	8	24 (a)
2	Programa de nutrición insuficiente para las necesidades del cultivo	7	9	7	23 (b)
3	Ausencia de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades	7	7	8	22 (c)

Fuente: elaboración propia, 2018.

Con base a la matriz anterior, se estableció que el problema de mayor importancia dentro de la empresa ANISA es la falta de una unidad de investigación, por lo que es necesario invertir esfuerzos en desarrollar un departamento de esta índole que permita mejorar las prácticas agrícolas que se llevan a cabo dentro del sistema papaya. El segundo problema en importancia es el de un programa de nutrición insuficiente por lo que es necesario realizar ensayos y consultar fuentes para mejorar en este aspecto y obtener mejores resultados en el rendimiento y calidad del cultivo.

Por último, se determinó que el tercer problema en importancia es la ausencia de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades, por lo que es necesario analizar cada una de ellas e implementar prácticas para reducir su incidencia y severidad en el cultivo.

1.5 CONCLUSIONES

1. La empresa ANISA es una de las mejores productoras de papaya en la región, debido a su constante capacidad de adaptarse a los cambios y manejar nuevas propuestas. Es importante, por lo tanto, continuar con ese proceso de evolución de manera que las actividades de manejo que se realizan en la finca se mejoren constantemente y sean cada vez más tecnificadas.
2. Los problemas detectados en la empresa ANISA fueron la ausencia de una unidad de investigación, un programa de nutrición incompleto que no cumple con las necesidades reales del cultivo y la falta de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades.
3. La falta de una unidad de investigación fue priorizada como el principal problema dentro de la finca; en este contexto, un departamento de este tipo permitiría ahorrar recursos, reducir costos de producción y mantener el prestigio de la empresa como productora de papaya de calidad.

1.6 RECOMENDACIONES

1. Implementar una unidad de investigación que abarque todas las áreas de importancia en el cultivo, que genere información en base a las condiciones de la finca y que proporcione material para tomar decisiones más acertadas en cuanto a las prácticas agrícolas realizadas en la plantación.
2. Desarrollar un plan de nutrición vegetal que se adapte a las condiciones edafológicas de la zona y que cumpla con los requerimientos nutritivos de la planta. De la misma manera reducir el uso de urea y ácido nítrico en el fertiriego para reducir la acidificación.
3. Aprovechar los desechos que produce la finca (ramas, hojas, plantas después del sexado, frutos, entre otros) y utilizarlos como recursos para la elaboración de abonos orgánicos que permitan complementar el uso de materia orgánica en la finca.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Duro, J. 2014. Descripción de posibilidades de nuevos cultivos de acuerdo a las condiciones geográficas de distintos sectores del Petén. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 62 p.
2. Esquivel, V. 2010. Trabajo de graduación realizado en cultivo de papaya, bajo condiciones de la finca Misión Técnica Agrícola China-Taiwán, municipio de La Libertad, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 94 p. Consultado 20 jul. 2018. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7024/2/victor%20emnio%20equivel%20sandoval.pdf>
3. Fallas, J; Bertsh, F; Barrientos, M. 2014. Curvas de absorción de nutrientes en papaya (*Carica papaya* L.) cv. "Pococi" en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha. *Agronomía Costarricense* 38(2):43-54. Consultado 25 feb. 2018. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/17273>
4. Flores, E. 2005. Evaluación de 5 sustratos para la producción de plántula de papaya (*Carica papaya* L.), en El Subín, La Libertad, Petén. Tesis Ing. Agr. Zoot. Petén, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Petén. 51 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/26/26_0023.pdf
5. García, J. 2014. Evaluación cualitativa de la cadena de valor de papaya en Guatemala (en línea). Guatemala, Ministerio de Economía. 66 p. Consultado 5 jul. 2018. Disponible en https://www.pronacom.gt/website/biblioteca/biblioteca_9_papaya.pdf
6. García, M. 2010. Guía técnica del cultivo de papaya. El Salvador, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). 40 p. Consultado 6 nov. 2018. Disponible en www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf
7. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2014. Perfil comercial de papaya. Guatemala. 11 p.
8. Rivera, J. 2008. Aporte a las actividades de la Unidad Técnica Agrícola Municipal, municipalidad de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 180 p. Disponible en <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02669.pdf>
9. Yara, Guatemala. 2018. Yara en Guatemala; Yara Global (en línea). Guatemala. Consultado 11 nov. 2018. Disponible en <http://www.yara.com.gt/about-yara/about-yara-local/>

**CAPÍTULO II: EFECTO DE TRES NIVELES DE CALCIO EN LA PRODUCCIÓN DE
PAPAYA (*Carica papaya* L.) EN LA FINCA EL PILAR, EMPRESA ANISA, LAS
CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A.**

**EFFECT OF THREE LEVELS OF CALCIUM IN THE PRODUCTION OF PAPAYA (*Carica
papaya* L.) AT EL PILAR FARM, ANISA, LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A.**

2.1 PRESENTACIÓN

La papaya es un cultivo muy apreciado a nivel mundial debido a su alto valor nutricional ya que es rico en vitaminas A y C, complejo B, potasio, magnesio, ácido fólico y cantidades mínimas de calcio y hierro, por la apariencia y sabor del fruto, su frecuente utilización como producto medicinal y por su enorme potencial en diferentes industrias como las farmacéuticas, culinarias, cervecera, médica, entre otros.

Por tal razón, la industria papayera a nivel mundial se ha fortalecido y el área sembrada se ha incrementado considerablemente, siendo la India y Brasil los mayores productores en el mundo. Guatemala no es la excepción, pues de los años 2006 a 2010, la producción de papaya ha aumentado un 77 % y el área cultivada creció un 90 % en el mismo periodo. El rendimiento promedio de los últimos 5 años fue de 75.74 T/ha, lo que ubicó al país en cuarta posición en rendimiento de papaya a nivel mundial.

El departamento que mayor cantidad de papaya produce en el país es Petén, con una producción cercana a las 5,000 T/año; es importante mencionar que las condiciones de esta región son idóneas para la producción de este cultivo (altas temperaturas, adecuada tasa de luminosidad, disponibilidad de agua para riego, suelos franco-arenosos, entre otras), además de ser un área declarada libre de la mosca del mediterráneo, lo que representa ventajas competitivas para dicho producto.

Dentro del manejo del cultivo, la nutrición vegetal es probablemente la actividad de mayor importancia al ser éste un cultivo que absorbe grandes cantidades de nutrientes, lo que supone aplicaciones semanales de fertilizantes que puedan proveer a la planta de los requerimientos nutricionales que exige. Retrasos en los programas de fertilización, así como la ausencia de ciertos elementos en la nutrición del cultivo, provocan daños irreversibles en la planta.

Los análisis de suelo y planta realizados en la finca reflejan que el calcio disponible para las plantas se encuentra apenas por encima del nivel crítico y las cantidades no son las

suficientes para el desarrollo del cultivo, por lo que se esperaría una respuesta a la aplicación de dicho elemento. Estos niveles bajos se han visto reflejados en la obtención de frutos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos para exportación y venta en el mercado local, obteniéndose frutos con baja firmeza, presencia de hongos como antracnosis, tamaño inadecuado, poco sabor y baja dulzura, provocando consecuentemente un aumento en el porcentaje de rechazo y disminuyendo las utilidades de la empresa.

En esta investigación, por lo tanto, se evaluó el efecto de tres niveles de calcio en la producción de papaya, en una parcela experimental ubicada en la finca El Pilar, de la empresa ANISA, en el municipio Las Cruces, Petén; entre los meses de marzo a noviembre. Los niveles evaluados fueron 75 kg/ha, 100 kg/ha y 125 kg/ha aplicados a través del sistema de fertiriego.

El diseño estadístico utilizado para el análisis de las variables fue de bloques completos al azar, debido a la presencia de una gradiente en la localidad en donde se llevó a cabo el ensayo, con 4 repeticiones, para un total de 16 unidades experimentales. De la misma manera, las variables evaluadas fueron número de frutos cuajados, porcentaje de rechazo, longitud, peso, diámetro ecuatorial, grados Brix y vida de anaquel. Además, se efectuaron análisis foliares, al inicio y final de la investigación, para conocer la dinámica del calcio durante el ciclo de producción en la planta y un análisis económico que pudiera determinar el tratamiento más rentable para la empresa.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 La papaya

La papaya (*Carica papaya* L.) es un cultivo muy apreciado a nivel mundial, debido a la apariencia del fruto y de su pulpa, su valor como alimento nutritivo, su estimación como producto medicinal, su facilidad de propagación, rápido crecimiento y abundante fructificación; lo que ha llevado a un aumento del área cultivada y de producción del cultivo (Jiménez 2002). Para el año 2017, la superficie cultivada a nivel mundial fue de 441,964 ha, siendo India el país con mayor producción a nivel mundial, seguido de Brasil. Para los países en desarrollo, la papaya se ha convertido en un cultivo de exportación, proporcionando un excelente medio de vida para los pobladores de dichas regiones, especialmente Asia y América Latina (FAO 2018).

Guatemala no es la excepción, pues de los años 2006 a 2010 la producción de papaya ha aumentado un 77 % y el área cultivada creció un 90 % en el mismo periodo. El área cultivada de papaya en el año 2010 era de 3,800 ha, que produjo un aproximado de 200,000 T de papaya. El rendimiento promedio de los últimos 5 años fue de 75.74 T/ha, lo que ubicó a Guatemala en cuarta posición en rendimiento de papaya a nivel mundial (Barreno y Marroquín 2012).

La papaya ha tomado gran auge especialmente en el área de Petén, en donde los productores han invertido en el desarrollo del producto, dada su demanda en el mercado nacional e internacional y a las ventajas que ha representado establecer el cultivo en este departamento, tales como las altas temperaturas, acceso a grandes cantidades de agua para riego y fertiriego, mano de obra barata y facilidad de transportación para distintos puntos del país, incluido los puertos de exportación.

2.2.2 Origen de la papaya

Lo más probable es que la papaya tenga su origen a lo largo de la costa de Mesoamérica y a partir de ahí, se extendió a muchas regiones tropicales y subtropicales alrededor del mundo. Su distribución está limitada por la sensibilidad del cultivo al frío. Su domesticación

eventualmente llevó a cambios sustanciales en su crecimiento vegetativo y formas sexuales, características que diferencian las plantas cultivadas de poblaciones silvestres (Ming y Moore 2014).

Actualmente, la papaya se cultiva en todas las áreas tropicales del mundo, aunque la mayor diversidad de *Carica* existente se encuentra en Mesoamérica.; sin embargo, debido al trabajo científico desarrollado en Hawái, las papayas de mayor calidad y consideradas la “realeza” de este cultivo son las papayas hawaianas, debido a sus excelentes características organolépticas (Jiménez 2002).

2.2.3 Clasificación taxonómica

Carica papaya L., es una especie con 18 pares de cromosomas perteneciente a la familia *Caricaceae*, una familia bien representada en el trópico con al menos 6 géneros y 35 especies. La familia *Caricaceae* pertenece al orden Parietales y a su vez a la clase Magnoliophyta (Ming y Moore 2014).

2.2.4 Morfología de la papaya

La papaya es una planta perenne, de vida corta y que, en ciertas condiciones, puede alcanzar hasta 9 m de altura. El tronco del cultivo es herbáceo, generalmente hueco y sin presencia de hojas. Las hojas tienen forma palmeada y se sostienen por medio de peciolo largos y huecos que aparecen en el tallo; las flores a su vez salen de las axilas que forman los peciolo y el tallo en número de 3 a 5 hojas. Conforme el árbol va creciendo, va perdiendo las hojas viejas, llegando a tener 30 hojas funcionales durante todo su ciclo (Jiménez 2002).

2.2.5 Tipos de plantas

El sexo determina el tipo de planta y es un factor influenciado por el genoma y el ambiente. De manera general, las plantas se clasifican en: plantas masculinas (macho), plantas femeninas (hembra) y hermafroditas. Las condiciones de temperatura y humedad de suelo provocan la manifestación de muchas formas florales de transición, que también se expresan en esterilidad femenina, fusión de estambres al ovario o carpeloidía, que se

conoce como “cara de gato” en las hermafroditas (Jiménez 2002). De tal manera, los tipos de plantas se dividen en plantas femeninas, masculinas y hermafroditas.

A. Plantas femeninas

Son las plantas que producen flores femeninas y necesitan de la presencia de polen de otras plantas para su fecundación y la posterior formación de semillas. Produce frutos, aunque no haya polinización, debido al fenómeno de la partenocarpia (García 2010). Los frutos de estas plantas son generalmente redondos por lo que son rechazados por la mayoría de los productores y durante las prácticas de sexado son eliminados en beneficio de las plantas hermafroditas.

B. Plantas hermafroditas

Estas plantas pueden tener hasta cuatro tipos de flores, pudiendo tener flores tipo macho y flores hermafroditas. De esta planta se obtiene frutos de forma alargada, oblonga o irregular. Las flores aparecen en inflorescencias axilares de cinco o más flores y tienen un pedúnculo de tamaño intermedio (Jiménez 2002). Las plantas hermafroditas son las que se prefieren en una plantación de papaya y se busca tener mayoría de este tipo de plantas, por su demanda en el mercado. Cuando se presentan condiciones de alta temperaturas y baja humedad, se pueden presentar anormalidades tales como:

- Pentandría: la flor desarrollar canales muy pronunciados que se ven reflejados en el fruto, lo que hace que pierda presentación y estética, además de contar con una cáscara demasiado delgada (García 2010).
- Carpeloidía: los carpelos se adhieren al ovario causando su deformación, ocasionando frutos deformes, de poco valor comercial. Esta anomalía es conocida como “cara de gato” (Jiménez 2002).
- Esterilidad femenina: el órgano femenino de las flores se atrofia y esta es abortada, quedando únicamente flores masculinas en la planta.

C. Plantas masculinas:

Estas plantas producen flores tipo macho y se caracterizan por la producción de inflorescencias en racimos, conocidos como cimbras. Las flores presentes en este tipo de plantas presentan un ovario rudimentario que en algún momento se puede volver funcional y producir frutos pequeños, sin valor comercial, por lo que se prefiere evitar contar con este tipo de plantas en las fincas productoras (Jiménez 2002; García 2010).

Para la propagación de semilla es de suma importancia conocer el sexo de las plantas madre para determinar el número de plantas que se desea obtener para siembra. Actualmente se han desarrollado técnicas de PCR que permitan conocer desde temprana edad el sexo de las plantas y los estudios realizados han demostrado que la correspondencia entre el sexado por PCR y la expresión sexual en campo fue de 90 %, lo que ha ayudado a una mayor producción de plantas hermafroditas (García 2010). En el cuadro 3, se puede observar el sexo de las plantas de papaya según el progenitor.

Cuadro 3. Sexo de las plantas de papaya según progenitor

Polinización	Relaciones de segregación		
	Femenina	Hermafrodita	Masculina
F X M	50		50
F X H	50	50	
H X H	33	66	
M X M	33		66
M X H	33	33	33

Fuente: García, 2010.

2.2.6 Componentes de la planta de papaya

A. La semilla

Cuando se obtienen frutos con una excelente polinización se pueden llegar a alcanzar hasta 600 semillas negras o más. El embrión es recto y ovoide, con cotiledones fruncidos y las semillas están cubiertas por una sustancia mucilaginosa derivada de la epidermis

pluriestratificada proveniente de la epidermis externa. Las semillas fotosensibles de papayas silvestres están inactivas en la madurez y su germinación puede ser desencadenada por cambios en la calidad de la luz y otros factores fisiológicos (Ming y Moore 2014).

B. Sistema radical

El cultivo de papaya presenta un sistema radical fibroso, que puede desarrollarse hasta 1 m de profundidad. A partir de la raíz principal, se desarrollan las raíces secundarias las cuales se desarrollan en un radio de 0.8 m. La mayor cantidad de raíces absorbentes se encuentran en los primeros 0.2 m del estrato superior. Es importante tomar estas consideraciones para prácticas de riego, fertilización, maquinaria agrícola, entre otras (García 2010). El sistema radical es de suma importancia para el desarrollo del cultivo y durante las fases tempranas del mismo, es protegido con aplicaciones de fósforo y fungicidas que reduzcan la incidencia de hongos del complejo *Damping off*.

C. Tallo

Las plantas de papaya poseen un tallo simple de tipo herbáceo que provee soporte estructural, masa vegetativa, capacidad de almacenamiento, sustancias de defensa, altura y transporta un flujo bidireccional de agua, nutrientes, varios componentes orgánicos y señales químicas y físicas que regulan la raíz y los brotes. Los diámetros de tallo en las plantas adultas varían de 0.1 m a 0.3 m en la base y de 0.05 a 0.10 m en la corona; los entrenudos inferiores son compactos y más anchos y parecen soportar todo el peso de la planta (Ming y Moore 2014). Tallos fuertes y con un diámetro adecuado son de importancia para soportar grandes cantidades de fruto por lo que se hace hincapié en el fortalecimiento de este órgano y en su correcta nutrición y manejo.

D. Hojas

Las hojas del cultivo son lobuladas y pueden tener de 7 a 11 lóbulos, aunque el número constante es 9. Se desarrollan en todo el tallo, aunque en la parte superior se encuentran las más recientes; las hojas están conectadas a peciolo que miden de 0.25 m a 1 m de longitud y el limbo entre 0.25 m a 0.75 m. Las hojas se caen en forma natural o son

removidas por manejo cultural; al final, la planta debe poseer alrededor de 30 hojas funcionales, por lo que se estima que cada hoja representa entre 3 % y 4 % del área fotosintética total (Jiménez 2002).

E. Flores

Las flores de papaya se producen cerca del ápice del tronco y se abren entre las 7 y 9 de la mañana. La longevidad de la flor individual puede ser de 3 a 4 días, pero el período real de receptividad del gineceo es aún desconocido. Las flores son actinomorfas, dispuestas en inflorescencias en la unión de la hoja con el tallo; las plantas hermafroditas y femeninas pueden soportar un número variable de flores (entre 2 y 15), mientras que las plantas masculinas producen docenas y hasta cientos de flores (Ming y Moore 2014).

En cuanto a la polinización, las flores son visitadas por polillas, varios escarabajos, mariposas, abejas, colibríes, moscas, entre otros, la evidencia sugiere que las polillas son las responsables del mayor intercambio de polen en la flor. Algunos autores también han citado la polinización por viento. El tiempo desde la polinización hasta la primera ovulación fue de 25 h a 28 °C (Ming y Moore 2014). Un estudio desarrollado por Vásquez *et al.* (2010), señala que el tipo de inflorescencia depende del sexo del árbol, aunque el género de estas puede ser alterado por interacciones genotipo-ambiente. De tal manera, se distinguen los siguientes tipos de flores:

- **Flor femenina:** esta se caracteriza por ser una flor grande en donde sus 5 pétalos se abren hasta la base. El ovario por lo general es grande, de contorno circular y esférico. Las plantas con este tipo de flor son muy estables para producir frutos durante el año y los frutos producidos por ella tienen valor comercial (Vásquez *et al.* 2010).
- **Flor hermafrodita pentandría:** esta flor presenta 5 pétalos con 5 estambres cortos, correspondientes por su ubicación, con los pétalos que también abren desde la base. Los frutos producidos por estas flores tienen poco valor comercial, pues el ovario tiene 5 surcos profundos longitudinales que deforman al fruto (Jiménez 2002).

- **Flor hermafrodita intermedia:** esta puede ser definida como una transición hermafrodita entre pentandría y elongata. Esta flor tiene 5 pétalos que pueden ser libres o fusionados desde su base hasta la mitad de su longitud. El número de estambres varía entre 2 y 10; los carpelos entre 5 y 10. Los frutos de estas flores no tienen valor comercial (Vásquez *et al.* 2010).
- **Flor hermafrodita elongata:** estas flores por lo general son pequeños racimos de 2 ó 3 flores que presentan 5 pétalos unidos entre sí entre una y tres cuartas partes de su longitud, con 10 estambres, 5 largos y 5 cortos. El ovario de esta flor es totalmente alargado, formando frutos cilíndricos o con forma de pera larga. Este fruto es muy aceptado y es el utilizado por los exportadores de papaya (Vásquez *et al.* 2010).
- **Flor hermafrodita estéril de verano o “cornetilla”:** esta flor es similar a la flor elongata, con la diferencia de que tiene el ovario poco desarrollado y no es funcional en la mayoría de los casos. El nombre “estéril de verano” se le atribuye porque su aparición se favorece en condiciones de sequía, altas temperaturas o en regiones donde escasea el agua. Esta es una característica poligénica dominante y en algunas plantas provoca esterilidad total mientras que en otras, en determinadas épocas del ciclo (Jiménez 2002).
- **Flor masculina típica:** estas inflorescencias se presentan agrupadas en panículas de pedúnculos largos y colgantes; estas flores tienen el tubo de la corola largo y delgado y presentan 10 estambres en series de 5, en una de ellas son más largos que en la otra. Tiene un pistilo rudimentario no funcional y no produce frutos, lo que lleva a la práctica adecuada en selección de semillas (Vásquez *et al.* 2010).

F. Frutos

La fructificación del cultivo se inicia alrededor de 10 a 12 meses después de sembrado, dependiendo en gran medida de las condiciones climatológicas en donde se encuentre. En la mayor parte de casos, las flores y frutos defectuosos se eliminan, para evitar malformaciones en el producto final. Algunas hojas también son eliminadas, en una práctica que se denomina “deshije” (Lobo 1995).

El fruto de papaya es una baya, que proviene de un ovario súpero, y que tiene diversas formas de acuerdo con la variedad y tipo de flor del cual proviene. La fruta está formada por el exocarpio o cáscara, mesocarpio o pulpa y el endocarpio, que es el que contiene el mucílago y las semillas. El fruto contiene gran cantidad de semillas, las cuales se desarrollan en 5 hileras que se encuentran adheridas a la pared interior del ovario, son oscuras y esféricas, con un diámetro aproximado de 5 mm y recubiertas por una masa gelatinosa, conocida como mucílago (García 2010; Lima 2005).

2.2.7 Clasificación de frutos y su forma

Los frutos que produce la papaya son de diferente forma de acuerdo con la flor que provienen. Esto lleva a que durante el desarrollo del cultivo se realicen prácticas para desechar aquellos árboles que posean flores femeninas y desechar de la misma manera frutos deformes o con un desarrollo floral inadecuado. Los principales frutos que se pueden observar son:

- **Fruto ovoide:** los frutos ovoides provienen de flores pistiladas, son de forma redonda y poseen mesocarpio muy delgado de gran calidad. Este fruto flota en el agua, tiene mal aspecto a los ojos del comprador y del productor, y por lo tanto, es podado en la mayoría de fincas de producción (Lima 2005).
- **Fruto alargado:** estos frutos son los que se desarrollan a partir de flores hermafroditas elongatas, tienen base peduncular, ápice con el mismo diámetro y el fruto es de forma alargada con el máximo porcentaje de pulpa. Este fruto es muy consistente al madurar y tiene gran éxito comercial al tener un gran porcentaje de pulpa. Este es el fruto que busca obtener la mayoría de productores de papaya (Lima 2005).
- **El Fruto semi-ovoid:** estos frutos provienen de flores hermafroditas de tipo pentandria de base peduncular y con un buen diámetro; el fruto es más bien corto y posee un buen porcentaje de pulpa, por lo que es tiene cierto valor comercial. Este

tipo de frutas es el que se conoce como de segunda y sí tiene demanda en el mercado (Lobo 1995).

La fructificación de papaya puede alcanzar hasta 3 años, posterior a este período reducen la calidad y cantidad de frutos. Todas las partes de la planta producen un látex lechoso cuando se les provoca una herida. Dicha sustancia contiene papaína que es una enzima proteolítica y es utilizada como ablandador de carnes, en la clarificación de cerveza y vinos, para curtir pieles; además en la elaboración de goma de mascar, cosméticos y finalmente como remedio casero para aliviar afecciones digestivas, artritis, asma, constipación, diarreas, úlceras, gripes, disentería y reumatismo (Lima 2005).

El cuadro 4, se muestra un análisis químico de fruto de papaya para América Latina, realizado por el INCAP.

Cuadro 4. Análisis químico del fruto de papaya para América Latina

COMPONENTE	FRUTO MADURO	FRUTO VERDE
Valor energético	92 cal	28 cal
Humedad	90.7 % g	91.6 % g
Proteína	0.1 % g	0.1 % g
Carbohidratos	8.3 % g	6.9 % g
Fibra	0.6 % g	0.8 % g
Ceniza	0.4 % g	0.6 % g
Calcio	20.0 mg	41.0 mg
Fósforo	13.0 mg	22.0 mg
Hierro	0.4 mg	0.3 mg
Vitamina A	110 mcg	0
Tiamina	0.03 mg	0.04 mg
Riboflavina	0.3 mg	0.2 mg
Niacina	46.0 mg	6.0 mg
Ácido ascórbico	46.0 mg	6.0 mg
Porción no comestible	25 % cáscara	18 % cáscara
	19 % Semilla	19 % Semilla

Fuente: INCAP, s.f.

2.2.8 Requerimientos edafoclimáticos

La papaya se adapta a diversas latitudes y condiciones de clima y suelo, siendo la principal limitante la temperatura. El cultivo se desarrolla a latitudes de 23° N y 23° S; sin embargo, su producción se ha extendido hasta las latitudes 32° N y 32° S, en zonas tropicales y subtropicales (Nakasone y Paull citado por Vásquez *et al.* 2010). El cultivo de papaya se ha desarrollado a alturas que van desde el nivel del mar hasta los 1000 m; sin embargo, los mejores rendimientos y calidad de frutos se obtienen entre los 0 m a 600 m. s. n. m. Si la papaya se produce a mayor altura, se desarrollan frutos menos dulces, debido a la menor capacidad de conversión de azúcares por parte de la planta (García 2010).

En cuanto a la temperatura, las condiciones óptimas oscilan entre los 18 °C y 38 °C y la humedad relativa de 60 % a 85 %. La precipitación anual mínima debe de ser de 1,500 mm a 2,000 mm, distribuidas en los doce meses, sin embargo, debido a que la lluvia no es constante durante todo el año, es conveniente implementar sistemas de riego para su plantación. Además, la planta requiere de alta luminosidad para alcanzar un contenido de azúcares deseable, por lo que es esencial no intercalar la planta con otros cultivos que pudieran hacerle sombra (García 2010).

Diversos autores señalan que la planta se desarrolla de mejor manera con cantidades de radiación fotosintéticamente activa entre 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ a 1,600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ y se ha demostrado que en condiciones de sombra la planta reduce su crecimiento, con menor área foliar, menor densidad estomática e incremento en la longitud de entrenudos y peciolo (Vásquez *et al.* 2010).

El cultivo se desarrolla en una amplia variedad de tipos de suelo; siendo su principal requerimiento un buen drenaje, ya sea superficial y/o interno, para evitar encharcamientos que podrían causar daños a la raíz y hasta la muerte de la planta. Se prefieren suelos de textura franca, con contenidos de arcilla de entre 10 % y 30 %, con una profundidad mayor a 0.80 m y pH entre 5.6 y 7.0. En suelos con pH menor a 5.6 es recomendable encalar, especialmente si el porcentaje de saturación de aluminio es mayor al 15 % (Vásquez *et al.* 2010).

2.2.9 Nutrición vegetal

El cultivo de papaya es uno de los más tenaces en cuanto a la extracción y aprovechamiento de nutrientes, debido a que necesita de ellos para expresar su potencial productivo y mantener el mismo durante todo el proceso de producción. En este sentido, el cultivo de la papaya requiere de enmiendas frecuentes de nutrientes; debido a su constante crecimiento, producción de flores y formación de frutos, asegurando con ello una producción ininterrumpida y prolongada (García, 2010).

Por tal razón, el tema de nutrición es posiblemente el de mayor importancia en el desarrollo del cultivo de papaya, sobre todo si se desea alcanzar producciones de calidad. Es importante que al momento de diseñar un plan de nutrición vegetal se tengan contempladas las propiedades físicas y químicas del suelo en donde se planea realizar la plantación, la disponibilidad de los nutrientes de acuerdo con el tipo de suelos, la microbiología presente en la zona, la calidad de agua, momentos oportunos de aplicación, entre otros.

Diversos autores difieren en cuanto a los requerimientos exactos de una planta de papaya desde su siembra hasta el inicio de su producción, aunque la mayoría coincide en que los nutrientes de mayor importancia son el nitrógeno y el potasio. Una curva de absorción de nutrientes desarrollada en Costa Rica muestra los requerimientos del cultivo, desde su plantación hasta el inicio de la cosecha, la cual se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Requerimientos nutricionales del cultivo de papaya

Elemento	Absorción en g/planta	Absorción (kg/ha)
Nitrógeno (N)	221.0	353.9
Fósforo (P ₂ O ₅)	63.1	101
Potasio (K ₂ O)	311.4	498.3
Calcio (CaO)	109	174.4
Magnesio (MgO)	66.5	106.3
Azufre (S)	25	40

Fuente: Fallas *et. al.*, 2014.

El cuadro presentado anteriormente muestra que el potasio se presenta como el nutriente de mayor importancia en el desarrollo del cultivo, seguido por el nitrógeno. En diversas regiones del mundo ha sido observada la respuesta a la adición del nitrógeno y potasio en el cultivo de papaya y se encontró influencia de la fertilización potásica sobre factores de rendimiento como el número de frutas por planta y el peso de fruta, también se encontraron mayor cantidad de frutos cuando se aplicaron dosis altas de potasio (250 g/planta) e intermedias de nitrógeno (250 g/planta), mientras que el mayor peso de frutos lo obtuvieron con la combinación de las dosis más altas de nitrógeno y potasio evaluadas (Fallas *et al.* 2014).

2.2.10 Importancia de los nutrientes en la planta

A. Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento responsable del crecimiento vegetal y del color verde de las hojas, es además constituyente de los aminoácidos, y por lo tanto es esencial en la síntesis de proteínas. Además es parte importante de la molécula de clorofila, necesaria para la fotosíntesis y es parte de los ácidos nucleicos ADN y ARN (Esquivel 2010). La planta de papaya requiere de grandes cantidades de nitrógeno sobre todo cuando está creciendo activamente, para mejorar la calidad y cantidad de su crecimiento y desarrollo.

Las plantas con una adecuada nutrición de papaya se presentan con un crecimiento fuerte y vigoroso y con un follaje verde oscuro. Las plantas que presentan deficiencias de nitrógeno se manifiestan por un cambio de coloración verde intenso a amarillo pálido, el cual se detecta en las hojas viejas primero. Con esta deficiencia las hojas son menos lobuladas que de costumbre y más pequeñas, y el crecimiento en general se ve afectado desfavorablemente (Jiménez 2002).

B. Fósforo

El fósforo es de suma importancia en la división celular, brinda energía durante la fotosíntesis y el transporte de carbohidratos, es fundamental en el crecimiento de las raíces,

estimula la formación de semillas y ayuda a la fijación de frutos; además de ser un componente clave del ácido nucleico y el ATP (García 2010).

Un suministro adecuado de fósforo promueve el crecimiento rápido, el mayor tamaño de la hoja y el macollaje de la planta. También adelanta la maduración y estimula la producción de flores, semillas y frutos. Es un elemento muy importante en la formación de un sistema radical adecuado, por lo que es aplicado tempranamente en el cultivo.

La deficiencia de fósforo provoca un moteado amarillo en los bordes de las hojas viejas que se vuelven necróticas y las puntas de las hojas se enrollan hacia arriba. Se retrasa considerablemente el crecimiento y desarrollo de la planta, el tallo se presenta delgado con presencia de entrenudos cortos; además se observa una pobre maduración y fructificación (Esquivel 2010).

C. Potasio

Es posiblemente el nutriente de mayor importancia para el cultivo, pues participa activamente en la cantidad y calidad de la producción. Este elemento interviene en los procesos de absorción de calcio, nitrógeno y sodio, otorga vigor y resistencia contra las enfermedades, bajas temperaturas y estrés hídrico, participa en una gran cantidad de reacciones enzimáticas, ayuda a la producción de proteínas y se encarga del transporte de azúcares desde las hojas al fruto.

Su importancia es mayor en la floración ya que de su disponibilidad dependerá un mayor contenido de azúcares en la fruta. Las deficiencias se manifiestan cuando el ángulo de inserción de la hoja se modifica y se queda en posición oblicua; las hojas se tornan de un color amarillento con delgados márgenes necróticos. Las hojas se secan de los extremos hacia adentro, presentan una textura áspera y en algunos casos la hoja parece de un color verde bronceado, debido a la acumulación de nitrógeno (García 2010; Jiménez 2002).

D. Magnesio

Este elemento es el núcleo central de la molécula de clorofila que es el lugar donde se producen los azúcares, la clorofila además brinda el color verde de las plantas y cumple un

papel importante en la actividad de las enzimas relacionadas con el metabolismo de carbohidratos. La deficiencia de este elemento se observa por la presencia de una clorosis intervenal, además las hojas pueden volverse quebradizas y doblarse hacia arriba; se reduce la cosecha y el tamaño de los frutos. Tiene antagonismo con el calcio en grandes cantidades (García 2010).

Dentro de los microelementos también son de importancia el boro, el zinc, el hierro y el manganeso. El boro es esencial para la germinación y fertilidad de los granos de polen, para lograr un mayor cuaje de flores, el crecimiento del tubo polínico, la formación de semillas y paredes celulares. Disminuye la producción localizada de etileno dentro de la planta y por ello reduce la caída de flores y frutos, así como los desórdenes fisiológicos. Su deficiencia provoca hojas con poco crecimiento, pedúnculos cortos verde oscuro y el alargamiento se detiene (Aranguren citado por Esquivel 2010).

En el caso del zinc, este microelemento es un componente de varios sistemas de enzimas importantes y controla la síntesis de los reguladores del crecimiento vegetal. Las hojas presentan una clorosis entre las venas, tanto en las hojas nuevas como viejas, se reduce la elongación del tallo y se forman rosetas en las hojas (Jiménez 2002). Las ausencias de los otros microelementos provocan diversas deficiencias en los cultivos, por lo que es necesario incluirlos en un plan de nutrición, especialmente si el suelo se encuentra carente de ellos o los mismos no se encuentran disponibles para la planta.

2.2.11 El calcio

El calcio fue aceptado como un elemento esencial para el desarrollo de las plantas definitivamente a partir de las investigaciones realizadas por W. Salm-Horstmar, en 1856 y por J. Sachs y Knop en 1860. Este elemento se considera esencial para todas las plantas y ha recibido, después del nitrógeno y el hidrógeno mucha atención en cuanto a la fertilidad de suelos (Navarro y Navarro 2003).

El calcio es absorbido en forma catiónica Ca^{2+} mediante un intercambio directo entre los pelos radicales y el complejo coloidal en el cual se encuentra adsorbido; por tal razón se

dice que el calcio es absorbido en un 72 % por difusión y en un 28 % por intercepción radical (Navarro y Navarro 2003).

El calcio se encuentra en las principales piedras del suelo, aunque en porcentajes pequeños. Las rocas ígneas presentan valores que van de 1.3 % hasta 11.1 % dependiendo si se tratan de rocas ácidas, intermedias o básicas. La mayor parte de calcio proviene de las rocas calizas, que llegan a tener un total de 40.5 % de este elemento (Fassbender y Bornemisza 1987).

A. Ciclo geoquímico del Calcio

El calcio, junto al magnesio, presenta un ciclo bastante amplio en la naturaleza, siendo el realizado en el suelo apenas una parte de este. En la corteza terrestre, el calcio se encuentra en un 4.2 %, ocupando el quinto lugar en cuanto a los elementos presentes en la corteza (Fassbender y Bornemisza 1987).

En el cuadro 6, se muestra el porcentaje de óxido de calcio en las rocas más importantes.

Cuadro 6. Contenido de calcio en rocas importantes, en porcentaje de óxidos

Roca	Porcentaje (CaO)
Rocas ígneas ácidas	1.63
Rocas ígneas intermedias	6.5
Rocas ígneas básicas	11.1
Rocas ígneas ultra básicas	3.5
Areniscas	4.0
Calizas	40.5
Lutitas	4.7

Fuente: Fassbender y Bornemiza, 1987.

Como se puede observar en el cuadro 6, las rocas ígneas básicas y las calizas poseen los valores más altos de calcio, por lo que es importante determinar de qué rocas provienen los suelos estudiados para saber en cuál de ellos pueden encontrarse niveles altos de este elemento. Es importante mencionar, que muchas de estas rocas, a pesar de estar

conformadas en gran parte por este elemento, presentan bajos niveles de disponibilidad de calcio, a pesar de su relativa solubilidad. Se ha demostrado, además, mediante varios estudios, que el CaCO_3 es una fuente muy baja de calcio para el suelo. Entre los minerales principales, los contenidos de calcio se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Porcentaje de CaO en los minerales principales

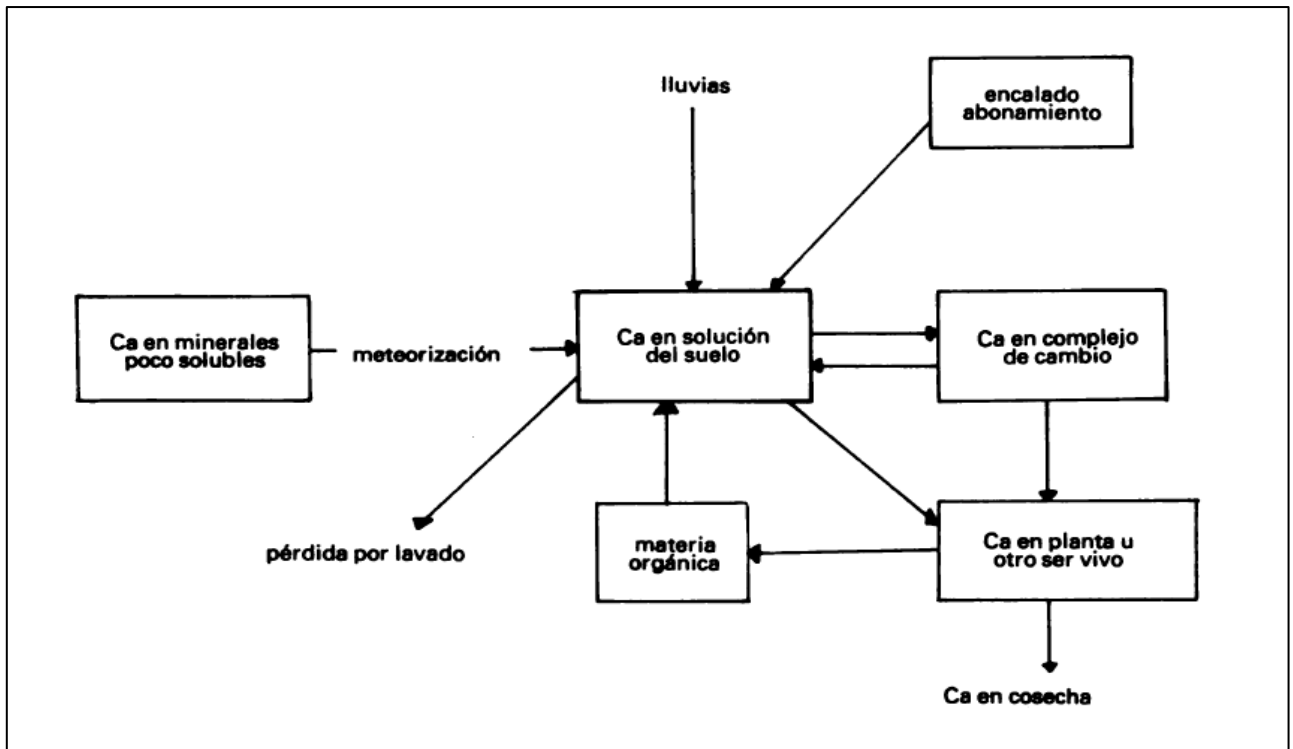
Mineral	Porcentaje de CaO
Augita	16-26
Plagiocasa	0-19.5
Muscovita	4.5
Biotita	-
Piroxeno	13-22
Anfibol	10-14

Fuente: Fassbender y Bornemiza, 1987.

El cuadro 7 se muestra que el mineral con mayor presencia de calcio es la augita, mientras que en suelos no calcáreos el mineral que presenta mayor cantidad de calcio es la anortita (Fassbender y Bornemisza 1987).

B. El ciclo del calcio en el suelo

En la figura 4, se pueden observar las entradas y salidas de calcio como parte de la solución de suelo. Entre las pérdidas se puede observar las que se dan por lixiviación o lavado, las que se dan por la fijación del elemento al material de origen, las que se encuentra en forma de intercambio y por último las que son absorbidas por la planta. Entre las entradas podemos mencionar el calcio que es obtenido del material parental a partir de procesos de meteorización, el que es obtenido por las lluvias, el que es aportado por la materia orgánica a través de procesos de mineralización, la que es aportada por el complejo de intercambio y los aportes a la planta a través de enmiendas o fertilizantes.



Fuente: Fassbendery Bornemiza, 1987.

Figura 4. Ciclo del calcio en el suelo

- **Entradas**

El calcio presente en el suelo puede ser añadido como fertilizantes o enmiendas, puede proceder del material original como parte de las rocas y minerales del suelo, estar presente en la materia orgánica y en algunas ocasiones puede venir de la lluvia (Navarro y Navarro 2003). Entre los compuestos más importantes se encuentran los carbonatos: calcita (CO_3Ca) y dolomita ($\text{CO}_3\text{Ca} \cdot \text{CO}_3\text{Mg}$) y los fosfatos: flúorapatito, hidroxiapatito y carbonatoapatito, además de silicatos alumínicos como feldespatos y anfíboles. El calcio presente en estos compuestos se va liberando y agregando al suelo por efecto de la meteorización (Navarro y Navarro 2003).

En cuanto a la materia orgánica es común encontrar calcio en los ácidos húmicos y fosfóricos y en algunos fosfohumatos cálcicos. Las enmiendas más utilizadas y que también representan una entrada al ciclo son el yeso, la cal, la dolomita, entre otros.

- **Salidas**

El calcio en el suelo puede perderse fundamentalmente por tres procesos: lixiviación, absorción por la planta y en menor medida por erosión. En climas húmedos, el calcio puede perderse rápidamente por la meteorización de los compuestos que poseen calcio llegando a perderse entre 150 kg/ha a 200 kg/ha de CaO por lixiviación (Navarro y Navarro 2003). Cuando existe erosión de tipo hídrica también se pierden grandes cantidades de calcio, por lo que es importante implementar prácticas de conservación de suelo que ayuden a reducir dichas pérdidas.

C. Las funciones del calcio en la planta

El calcio es un macronutriente secundario que desempeña una función bioquímica importante en las plantas ya que a través de él se desarrollan numerosos procesos metabólicos tales como la formación de la pared celular, la regulación de la funcionalidad de la membrana celular, la formación de la lámina media y la activación de diversos sistemas enzimáticos (Mago 2015).

Este elemento puede localizarse en altas concentraciones en las hojas, pero no ocurre lo mismo en órganos que poseen baja transpiración tales como el fruto; las plantas han desarrollado mecanismos para restringir el transporte de calcio a estos órganos, manteniendo bajas concentraciones de este en la savia del floema. La dilución del contenido de calcio en el tejido debido al crecimiento, es una forma de mantener su nivel bajo, lo cual es necesario en los frutos para una rápida expansión celular y una alta permeabilidad de las membranas (Marshnner 1986).

Las altas tasas de crecimiento de órganos con baja transpiración aumentan el riesgo de que el contenido de calcio en dichos órganos se presente por debajo del nivel crítico requerido para la estabilización de la pared celular y la integridad de las membranas. En tejidos y órganos de rápido crecimiento, los desórdenes relacionados con deficiencias de calcio son amplios, destacándose problemas en manzana y tomate. Además, bajos contenidos de calcio en frutos carnosos provocan pérdidas por el aumento de la velocidad de senescencia

del tejido y aumenta la incidencia de enfermedades (Mago 2015). Según Barker y Pilbeam (2007), el calcio tiene diferentes funciones en la planta, y estas pueden ser divididas en cuatro principales áreas:

- **Efecto en las membranas**

Se ha establecido que las membranas se vuelven débiles durante el desarrollo de la planta en ausencia de calcio, y la selectividad iónica se pierde. Los iones de calcio (Ca^{2+}) llevan fosfatos, grupos carboxilos, fosfolípidos y proteínas a las capas de la membrana, ayudando a mantener su estructura. De la misma manera, algunos efectos ocurren en la parte media de la membrana, posiblemente por la interacción entre calcio y proteínas que es fundamental para la membrana (Barker y Pilbeam 2007).

- **Rol en la pared celular**

El calcio es un elemento clave en la estructura de las paredes celulares. En la pared celular primaria, la celulosa y las microfibras están conectadas junto con glucanos, polímeros y otros monosacáridos. Estas microfibras están embebidas en una red, en donde la pectina es la molécula más abundante. La pectina es también abundante en la parte media laminar entre células. De la misma forma, la adhesión entre células también puede ser dada por el calcio. Ciertamente parece que el calcio inhibe la degradación de los pectatos en la pared celular, en este caso, se cree que el elemento cumple el rol de mantener unidos los componentes de la pectina inhibiendo las enzimas de su degradación (Barker y Pilbeam 2007).

- **Efecto en las enzimas**

A diferencia del K^+ y el Mg^{2+} , el Ca^{2+} no activa muchas enzimas y su concentración en el citoplasma se mantiene baja. Por lo general, la homeostasis del calcio está centrada en la membrana, en donde los calcios dependientes de los ATP activan una bomba de Ca^{2+} desde el citoplasma hacia las vacuolas, el retículo endoplasmático y los ribosomas, logrando con este proceso evitar la competencia entre el Ca^{2+} y Mg^{2+} (Barker y Pilbeam 2007).

- **Efecto en las fitohormonas**

Se ha determinado que el calcio tiene influencia en las fitohormonas, pues el crecimiento de raíces se ha detenido en tan solo unas horas removiendo el calcio de la solución de suelo. El elemento parece estar relacionado con la división y la elongación celular y está ligado a la acción de las auxinas (Barker y Pilbeam 2007).

En resumen, según Navarro y Navarro (2003), las principales funciones del calcio en la planta son: forma parte de la estructura de la protopectina, que actúa como agente cementante para mantener las células unidas; es importante en el desarrollo de las raíces, en las cuales ejerce una triple función: multiplicación celular, crecimiento celular y neutralización de los hidrogeniones; regula la absorción de nitrógeno, actúa sobre la translocación de los carbohidratos y proteínas en el interior de la planta; neutraliza ácidos orgánicos como el ácido oxálico; activa algunas enzimas como fosfolipasa y amilasa; detiene la lixiviación de otros minerales de la célula; y, evita la pérdida de humedad y los trastornos en la maduración y almacenamiento.

D. Deficiencias y excesos de calcio

Las deficiencias se manifiestan principalmente durante la germinación, originando raíces pequeñas y gruesas, de coloración parda y retrasando el desarrollo radicular. En el caso del área foliar, las hojas se arrollan, con dobleces en el ápice y en algunos casos clorosis (Navarro y Navarro 2003).

Las deficiencias de calcio por lo general provocan colapso celular de la membrana y de la estructura celular, la infección microbiana y el ataque de plagas se hace más frecuente, provoca menor adhesión entre las células y puede ocasionar desórdenes específicos en frutos como tomate o papa.

2.2.12 Antecedentes de la investigación

Estudios previos referentes al tema han sido realizados por diversos autores, especialmente a nivel internacional. En el caso de Guatemala, Esquivel (2010) realizó una investigación evaluando cinco programas de fertilización para el cultivo de papaya para la variedad

Tainung I, desarrollando dicho ensayo en la Misión Agrícola Taiwán en condiciones del municipio La Libertad, Petén, colindante con el municipio de Las Cruces.

Dentro de las variables que Esquivel (2010) evaluó se encuentran producción (frutos/ ha), análisis económico, altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), y concentración de nutrientes en área foliar. A pesar de no evaluar directamente calcio dentro de los programas de nutrición, el autor reportó mejores resultados a nivel de producción y rendimiento en el programa que incluía 459.5 g/planta de nitrógeno, 129 g/planta de fósforo y 124 g/planta de potasio.

Flores (2005), por su parte, realizó un estudio en la aldea El Subín, en la Libertad, Petén en donde evaluó cinco sustratos para la producción de plántula de papaya. El estudio, no tiene relación al desarrollado en esta investigación, sin embargo, la información incluida sirvió de base para conocer la fisiología del cultivo.

Aparte de los estudios ya mencionados, en Guatemala solo se encuentran dos investigaciones realizadas en papaya, sin embargo, no tienen relación con esta investigación al tratarse de trabajos dedicados al diagnóstico de bacterias fitopatógenas en el cultivo, desarrollados por Corado (1999) y Cano (2006), de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el extranjero se han desarrollado investigaciones respecto a la evaluación de niveles de calcio en papaya; destaca principalmente la elaborada por Mago (2015) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, quién evaluó el efecto de la aplicación precosecha de calcio sobre la calidad de frutos de lechosa (papaya) de la variedad Carmen F1.

Entre las variables que evaluó Mago se encuentran período entre madurez de cosecha y de consumo, variables de calidad del fruto (físicas y químicas), actividad de la pectinmetilesterasa (PME), poligalacturonasa (PG) y celulasa (CEL) en el mesocarpio en madurez de cosecha y de consumo, contenido de calcio en hojas y frutos y la incidencia de

enfermedades durante la postcosecha. Los resultados obtenidos en dicha investigación reflejaron que no hubo efecto de los tratamientos sobre el período entre madurez de cosecha y consumo y las variables de calidad del fruto, excepto para la firmeza en madurez de cosecha.

La autora reportó efectos sobre la actividad de PME y PG en madurez de cosecha, no así para madurez de consumo ni en CEL en ambos estados de maduración. En cuanto a los niveles de calcio en hojas y frutos, la autora no observó diferencias significativas.

Por su parte, Saborío *et. al.* (2000) elaboraron una investigación en Guácimo, provincia de Limón, Costa Rica sobre el efecto del calcio en aplicaciones precosecha y postcosecha sobre la severidad de Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* P.) y la calidad de frutos de papaya. Los resultados demostraron que las aplicaciones precosecha no disminuyeron el porcentaje de severidad de la enfermedad, mientras que los valores de firmeza de pulpa y cáscara si mostraron diferencias significativas. Otro de los resultados observados fue que las aplicaciones precosecha aceleraron la maduración del cultivo.

En cuanto a las aplicaciones postcosecha, los autores reportaron una disminución en la severidad de la enfermedad y también una mayor de concentración de calcio en las cáscaras de las frutas. Sin embargo, algunas aplicaciones mostraron una tendencia a retrasar la maduración interna de los frutos. Vásquez *et. al.* (2010) realizaron un estudio de producción y manejo postcosecha de papaya Maradol en la planicie huasteca, México, como parte de un trabajo auspiciado por el Centro Experimental Las Huastecas, Tamaulipas y el Gobierno Federal a través de SAGARPA. Los apuntes y aportes de dicha investigación fueron de importancia para el desarrollo del presente documento.

Otro de los trabajos previos a esta investigación fue el desarrollado por Fallas *et al.* (2014) quienes desarrollaron un trabajo de curvas de absorción de nutrientes en papaya (*Carica papaya* L.) cv. "Pococi" en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha. Los resultados demostraron el comportamiento de diferentes elementos dentro del cultivo de papaya, incluyendo una curva de absorción de calcio.

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Ubicación

El experimento se llevó a cabo en la finca El Pilar, perteneciente a la empresa ANISA (Administradora de Negocios e Inversiones S.A.) ubicada en el municipio Las Cruces, departamento de Petén. La finca está ubicada en las coordenadas 16.659092 Latitud Norte y 90.289593 Longitud Oeste, a una altura de aproximadamente 130 m s. n. m.

2.3.2 Extensión

La finca El Pilar cuenta con una extensión aproximada de 70 ha. En total la empresa cuenta con cerca de 300 ha en su totalidad.

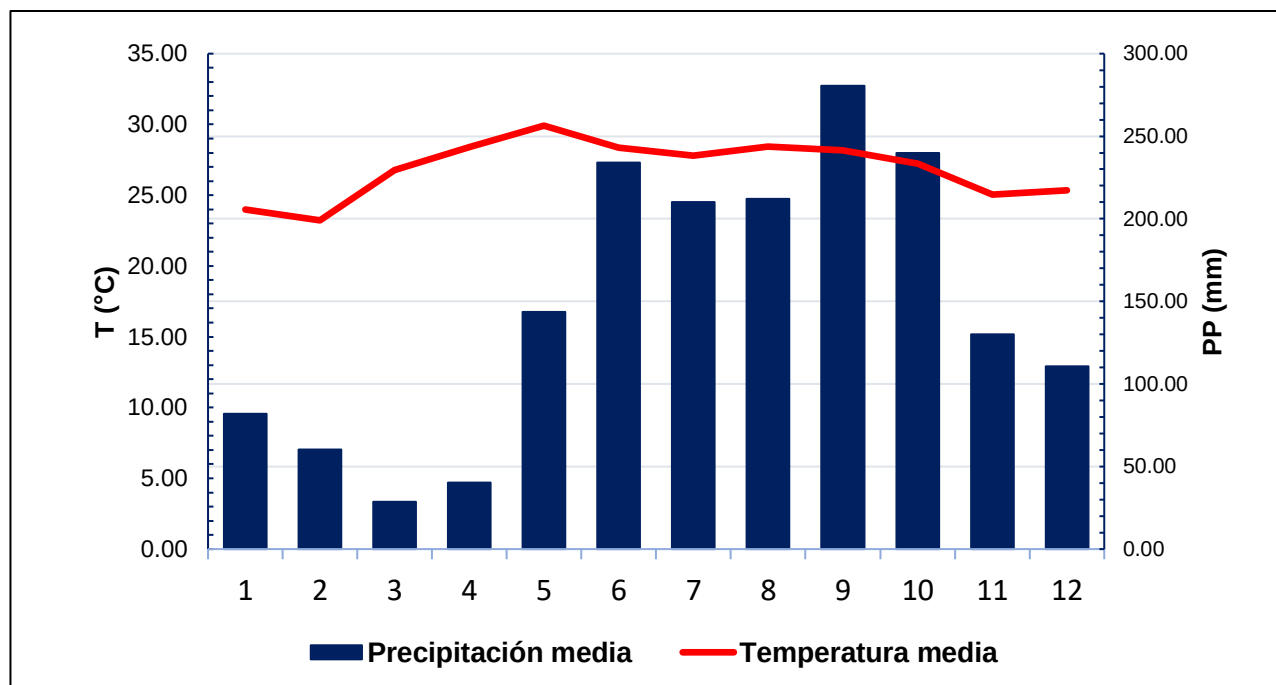
2.3.3 Vía de acceso

Para llegar al municipio de Las Cruces se toma carretera asfaltada CA-9 de la Ciudad Capital de Guatemala hasta la Ruidosa, Morales, Izabal en el kilómetro 245 y posteriormente se toma la carretera asfaltada CA-13 que conduce a la ciudad de Flores, Peten, en el kilómetro 475 se toma la carretera con dirección al Subín y se cruza al municipio de Las Cruces. La finca se encuentra ubicada en una carretera anexa a una gasolinera Shell, en donde se recorren cerca de 18 km de terracería.

2.3.4 Características biofísicas

A. Clima

Según datos de estaciones meteorológicas cercanas, se determinó que la época seca se presenta de los meses enero a mayo, posteriormente la lluvia inicia y termina alrededor de diciembre. Se han registrado promedios de entre 1,500 mm a 2,000 mm de lluvia al año y se tiene una temperatura promedio de 26 °C a 28 °C. Las condiciones climáticas para la zona se presentan en la figura 5.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 5. Climadiagrama Las Cruces, Petén, año 2018.

La figura 5 muestra cómo a partir del mes de junio las lluvias se vuelven constantes y se acentúan en los meses de septiembre y octubre. La precipitación total fue de 1,772 mm. En el caso de la temperatura, se mantiene una media de 26.89 °C durante todo el año, siendo el mes de mayo el más caluroso con una temperatura promedio de 29.89 °C y febrero el más frío, con una temperatura de 23.22 °C.

B. Zona de Vida

La finca se encuentra en la región fisiográfica Cinturón Plegado del Lacandón; en cuanto a las zonas de vida de Holdridge, el municipio se encuentra ubicado entre las zonas bosque húmedo subtropical cálido bh-S (c) y bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S (c) (Duro 2014).

C. Suelos

Los suelos de la finca pertenecen a la serie de suelos Chacalté, caracterizados por ser poco profundos, bien drenados, que se han desarrollado sobre caliza dura y masiva en un clima

cálido y húmedo. Ocupan relieves inclinados a altitudes bajas (Simmons, Táranos y Pinto 1959).

2.3.5 Área libre de la mosca del mediterráneo.

Es importante resaltar que la finca se encuentra en una zona libre de la mosca del mediterráneo, lo que representa una ventaja competitiva para la empresa. El área libre de mosca del mediterráneo en el departamento de Petén, Guatemala, cuenta con una extensión de 29,500 km² y se constituye en una oportunidad para generar el desarrollo frutícola del norte del país (Moscamed Guatemala 2009).

Petén fue declarada área libre de esta plaga por parte del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala, MAGA en diciembre de 1994, posteriormente en marzo de 1999 fue reconocido ese estatus por la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de los Estados Unidos Mexicanos, SAGARPA y en agosto del 2001 esa condición fue reconocida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Moscamed Guatemala 2009).

Un área libre de plaga es aquella en donde no está presente una plaga específica y que ha sido demostrado con evidencia científica y dentro de la cual, cuando sea apropiado, dicha condición esté siendo mantenida oficialmente. (Moscamed Guatemala 2009).

2.3.6 Análisis foliar

De la misma manera, en el cuadro 8, se presenta un análisis foliar realizado en finca El Pilar, en el año 2017.

Cuadro 8. Análisis foliar, finca El Pilar

Análisis Foliar			
Elemento	N.C.	Unidad	Resultado
N	2-2.6	%	0.85
P	0,08-0.25	%	0.12
K	0.75-2	%	2.5
Ca	1-3	%	1.1
Mg	0,25-0.8	%	0.17
Zn	30-150	ppm	130.5
Fe	50-200	ppm	115
Mn	30-500	ppm	70
Cu	5-15	ppm	6.5
B	50-100	ppm	8.36

Fuente: elaboración propia, 2018.

2.3.7 Análisis de suelo para la finca en el año 2017

En el cuadro 9, se presenta un análisis de suelo realizado en la finca El Pilar, para el año 2017.

Cuadro 9. Análisis de suelo Finca El Pilar, ANISA

Parámetro	Resultado		N.C.	Unidad
pH (agua, relación 1:2,5)	5.72		5.5-6.5	1:2,5
Conductividad Eléctrica	0.31		0.09	dS/m
Materia orgánica	2.68		6.00	%
Fósforo disponible (P) Olsen Modificado	10		15-30	mg/kg
Potasio disponible (K)	109		131	mg/kg
Cationes Intercambiables	ppm	meq/100 g		
Calcio (Ca)	1017	5.09	4-20	meq/100g
		79 %	60-80	% CIC
Magnesio (Mg)	127.7	1.06	1-10	meq/100g
		16 %	10-20	% CIC
Potasio disponible (K)	109.5	0.28	0.2-1.5	meq/100g
		4 %	4-6	% CIC
Sodio (Na)	0	0	0.00	meq/100g
		0 %	0 %	% CIC
Acidez intercambiable	8	0.09	0.3-1.5	meq/100g
		1 %	0-24.9	% CIC
Suma de bases (Ca+Mg+K+Na)		6.43	5-25	meq/100g
CICe		6.52	5-25	meq/100g
Zn	1.5		0.2-2	ppm
Mn	130.9		8-80	ppm
Fe	78.3		20-150	ppm
Cu	2.6		0.1-2.5	ppm

Fuente: elaboración propia, 2018.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

Evaluar el efecto de tres niveles de calcio en la producción de fruto de papaya (*Carica papaya* L.) en la finca El Pilar, de la empresa ANISA, municipio Las Cruces, Petén.

2.4.2 Específicos

1. Establecer el efecto de los niveles de Calcio sobre la de producción del fruto de papaya.
2. Evaluar la acumulación de calcio a nivel foliar de la planta para los diferentes tratamientos establecidos.
3. Establecer el impacto económico de cada tratamiento a través de un análisis económico.

2.5 HIPÓTESIS

Al menos un nivel de calcio mostrará efecto en las variables de producción de fruto de papaya (número de frutos cuajados, porcentaje de rechazo, longitud, diámetro ecuatorial, peso, grados Brix y vida de anaquel).

Al menos un nivel de calcio mostrará efecto en la acumulación de este elemento a nivel foliar en la planta.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Establecimiento del experimento

El experimento se llevó a cabo en la finca El Pilar, de la empresa ANISA, ubicada en el municipio Las Cruces, Petén, la cual tiene una superficie aproximada de 70 Ha.

2.6.2 Características del material experimental

El experimento se realizó en una plantación de papaya, dando inicio con el mismo 2 meses después del trasplante del pilón. La variedad de papaya que se evaluó fue Tainung I. El manejo del cultivo se dio de acuerdo con los planes de la finca por lo que todos los insumos utilizados durante el experimento fueron proporcionados por la empresa ANISA. Se utilizó nitrato de calcio que fue proporcionado por la empresa de fertilizantes Yara Guatemala S.A.

El producto que se utilizará es un fertilizante 100 % soluble, que tiene entre sus nutrientes calcio y nitrógeno, utilizado en programas de fertirrigación. La composición del fertilizante es la siguiente:

Nitrógeno total (N)=	15.5 % (amoniaco 1 % y nítrico 14.5 %)
Calcio total (CaO)=	26.5 %
Calcio total (Ca)=	18.939 %
Solubilidad g/100 mL de H ₂ O a 20 °C=	250

En cuanto a la variedad evaluada, Tainung I se caracteriza por presentar cuatro tipos de calibres: 9, 12, 15 y 16, que se refiere al número de papayas que ocupa una caja de exportación. La longitud de fruto por lo general se encuentra en 0.3 m y presenta una vida anaquel promedio de 8 días. Entre los principales problemas que presenta el cultivo es daño por mosca blanca, ácaros, pulgones, antracnosis y daño mecánico.

2.6.3 Diseño experimental

Los tratamientos evaluados se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, debido a la presencia de una pendiente, con cuatro repeticiones cada tratamiento. El

bloqueo se realizó en contra de la pendiente indicada. El modelo estadístico que se utilizó es:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij-ésima unidad experimental

μ = Media general de los tratamientos a evaluar

β_j = Efecto asociado al j-ésimo bloque

α_i = Efecto asociado al i-ésimo nivel de los niveles de calcio evaluados

ε_{ij} = Error experimental asociado a la unidad j del tratamiento i

2.6.4 Tratamientos

Para la realización del experimento fueron evaluados tres niveles de calcio diferentes y un testigo absoluto. Los niveles de calcio que se evaluaron fueron 75 kg/ha, 100 kg/ha y 125 kg/ha para un ciclo total de papaya (20 meses), sin embargo, estos se fraccionaron para un periodo de ocho meses, teniendo en cuenta que la producción de papaya inicia entre el séptimo y octavo mes. La fuente de calcio utilizada fue inyectada en el sistema de fertiriego por goteo utilizado en la finca. Para la inyección del fertilizante en cada unidad experimental se utilizó una bomba motorizada tipo Maruyama de 25 L a una presión de 400 psi. Los tratamientos que se aplicaron se resumen en el cuadro 10.

Cuadro 10. Tratamientos evaluados para la investigación

Tratamiento	Dosis (kg/ha/ciclo)	Dosis nitrato de calcio por ciclo/ha (kg)	Dosis nitrato de calcio al mes/ha (kg)	Dosis nitrato de calcio/unidad experimental/mes (kg)
1	75	396.01	19.80	0.35
2	100	528.01	26.40	0.47
3	125	660.01	33	0.59

Fuente: elaboración propia, 2018.

2.6.5 Cantidad de agua para tratamientos

Se calculó cantidad de agua que se necesitaba para el producto, así como la cantidad para hacer una solución al 10 %. La cantidad de agua para cada tratamiento se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Cantidad de agua para solubilización de los tratamientos

Tratamiento	Dosis (kg/ha/ciclo)	Dosis producto/unidad experimental (kg)	Cantidad de agua (L)	Cantidad de agua (solución 10 %)
1	75	0.35	0.14	1.4
2	100	0.47	0.19	1.9
3	125	0.59	0.236	2.36

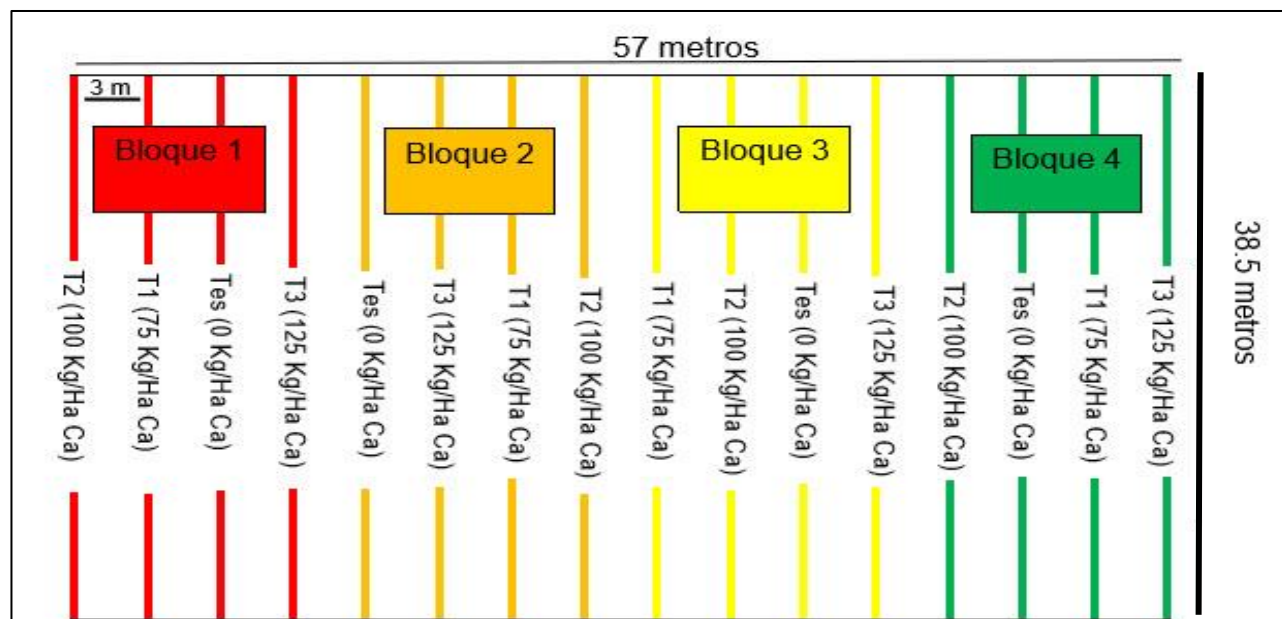
Fuente: elaboración propia, 2018.

2.6.6 Descripción de la unidad experimental

El experimento se llevó a cabo en una parcela de 2,137 m² aproximadamente (57 m de ancho y 37.5 m de longitud), la cual se dividió en cuatro bloques. Cada unidad experimental equivalió a 25 plantas hermafroditas de papaya que se encontraban en un área de 37.5 m de longitud por 3.8 m de ancho, es decir 142.5 m². En total se utilizaron 16 unidades experimentales, para un total de 400 plantas de papaya por todo el experimento.

2.6.7 Croquis de campo

Para cada tratamiento, se contó con 25 plantas de papaya en forma linear con 1.5 m de distancia entre plantas aproximadamente y cada bloque separado por 3.8 m. Las 25 plantas de papaya se encontraban alimentadas por una manguera de riego. La distancia entre surcos fue utilizada como margen entre parcelas. Los bloques se encuentran de izquierda a derecha y los tratamientos se aleatorizaron con una calculadora para cada bloque. El croquis de campo se muestra en la figura 6.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 6. Croquis de campo

2.6.8 Manejo del experimento

A. Selección de parcela

La parcela seleccionada fue ubicada en una plantación que cumpliera con la edad de la planta (dos meses después de trasplante). Cada parcela fue rotulada con base al tratamiento evaluado. Se verificó que cada unidad experimental tuviera plantas homogéneas y en similares condiciones.

B. Plantas

Se utilizaron plantas de 2 meses de edad (después de trasplante) pertenecientes a la variedad Tainung I.

C. Sexado

Cuando las plantas cumplieron 100 a 120 días se realizó la práctica de sexado de manera manual. Los trabajadores de la finca observaron el tipo de flor que presentaba la planta y determinaron si se trataba de hermafrodita o hembra. La hembra fue cortada de raíz y saneada con cal, y se quedaron en campo únicamente plantas hermafroditas. Después del sexado se manejó un total de 25 plantas para cada unidad experimental.

D. Manejo de malezas

El manejo de malezas se dio mediante el método mecánico y método químico. Se utilizaron herbicidas como Metsufuron metil, Atrazinas, Paraquat, entre otras sustancias.

E. Fertilización

Se utilizó el programa de fertilización que se aplica en la finca, el cual consiste en aplicaciones tempranas de fósforo y nitrógeno y posteriormente potasio. Se realizaron aplicaciones de zinc y boro y otros microelementos. En el cuadro 12 se muestra el programa de fertilización utilizado por la finca hasta el mes 20 después de trasplante.

Cuadro 12. Programa nutricional ANISA

Aportes nutricionales (g/planta) hasta el mes 20												
Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Mo
13-40-43	29.71	91.43	29.71	-	0.23	0.00	0.03	0.04	0.11	0.11	0.04	0.00
21-17-3	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12-8-16	145.71	97.14	194.29	-	36.43	303.57	0.24	0.12	0.73	0.00	0.00	0.00
0-0-62	0.00	0.00	1129.29	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46-0-0	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Solubor (20.5 B)	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	7.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ácido Nítrico	165.14	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13.5-0-46	204.91	0.00	698.21	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sulfato de Magnesio	0.00	0.00	0.00	-	48.57	97.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total g/planta	545.48	188.57	2051.50	-	85.23	400.71	7.74	0.16	0.84	0.11	0.04	0.00
Total kg/ha	763.675	264	2872.1	-	119.32	561	10.8302	0.2308	1.18	0.16	0.0608	0.0032

Fuente: ANISA 2017.

F. Riego

El riego utilizado por la finca es un sistema por goteo. La finca El Pilar cuenta con 21 válvulas, cada válvula cubre un área de 3.4 ha y se riega por un aproximado de 90 min. Se aplicaron alrededor de 30 m³ de agua/ha y un aproximado de 25 L de agua por planta.

G. Manejo de plagas y enfermedades

El manejo de plagas y enfermedades se realizó de acuerdo con el plan utilizado por la finca para todas las parcelas. Para las aplicaciones se utilizan correctores de pH y dureza para el agua y se utilizaron bombas de aspersión tipo Arbus de 2000 L, utilizando un volumen de 500 L/ha.

H. Cosecha

La cosecha se realizó entre el séptimo u octavo mes después de la aplicación tomando únicamente las papayas que son utilizadas para exportación.

2.6.9 Variables respuesta

A. Frutos cuajados por planta de papaya

Se contabilizó el número de frutos cuajados por árbol de papaya que no presentaran malformaciones, daños al exocarpio, daño mecánico, presencia de hongos o daño por insectos.

B. Porcentaje de rechazo

Se determinó el porcentaje de rechazo de la cosecha obtenida. Para ello se cuantificó el número de frutos obtenidos en cada unidad experimental y el número de frutos que no cumplen con las normas de exportación requeridas (presencia de manchas avanzadas de antracnosis, firmeza inadecuada, consistencia aguanosa, presencia de otro tipo de hongos y forma del fruto). Posteriormente se utilizará la fórmula siguiente.

Porcentaje de rechazo= (Número de frutos rechazados/número de frutos cosechados) x 100

El número de frutos rechazados estuvo dado por (malformación, presencia de hongos, forma o tamaño inadecuado y daño mecánico).

C. Peso promedio por fruto

Los frutos recién cosechados se pesaron en estado fresco en kilogramos y se realizó un peso promedio de fruto para cada unidad experimental.

D. Diámetro ecuatorial del fruto

Se determinó el diámetro ecuatorial de fruto en metros en la zona ecuatorial utilizando una cinta métrica.

E. Longitud del fruto

Se determinó midiendo la distancia entre el ápice y la base del fruto en metros, utilizando para ello una cinta métrica de plástico.

F. Sólidos solubles en el mesocarpio (grados Brix)

Se trituró y maceró una muestra del mesocarpio del fruto y se tomaron de 2 a 3 gotas de jugo, las cuales se colocaron en un refractómetro portátil ATC marca Charlie Downs para la lectura en grados Brix.

G. Vida de anaquel

Se determinó el número de días entre la madurez de cosecha y consumo, es decir los días que la fruta aguanta en condiciones de anaquel. Después de cosechados los frutos, se lavaron con agua y jabón, se pasaron por una solución de agua clorada, fungicida y calcio y por último se les agregó una capa de cera. Posteriormente se determinó el número de días desde este proceso hasta la aparición de características que mermaron la calidad.

H. Evaluación de nutrimentos a nivel foliar

Se realizaron análisis foliares de la planta tomando como muestra peciolo de las hojas superiores maduras fisiológicamente, las cuales fueron cortadas con una navaja debidamente desinfectada, entre la séptima u octava hoja de arriba para abajo, las cuales se lavaron con agua destilada. Se tomaron 15 peciolo de hojas por cada tratamiento y los muestreos se realizaron al inicio del experimento y 7.5 meses después del trasplante para observar la dinámica del calcio en la planta. Las muestras obtenidas fueron llevadas al laboratorio de suelos de Anacafé (ANALAB) y posteriormente se realizó la interpretación de los resultados.

2.6.10 Análisis de la información

A. Recolección de datos

Cada variable respuesta fue medida en el momento oportuno con los instrumentos necesarios para obtener el parámetro indicado. Los datos obtenidos de las variables respuesta se tabularon en una hoja de Excel y se ordenaron en tablas. Dichos datos se estructuraron para ser sometidos a un análisis estadístico de varianza.

B. Análisis de varianza

A todas las variables respuesta (a excepción del análisis de nutrimentos) se les realizó un análisis de varianza, utilizando el software estadístico Infostat y en algunos casos, un análisis de comparación múltiple de medias de Tukey.

C. Análisis económico

Se realizó un análisis económico posterior a cosecha para determinar el tratamiento que presenta la mejor opción económica. Para ello se detallaron los costos de producción por hectárea, los costos asociados a cada tratamiento, los ingresos por ventas y utilidad de cada tratamiento. Con dichos datos se calculó el porcentaje de rentabilidad (% rentabilidad) mediante la fórmula siguiente:

$$R = (IN/CT) \cdot 100$$

Donde:

R= Porcentaje de Rentabilidad

IN= Ingreso neto

CT= Costo total

Posteriormente, utilizando los datos obtenidos en costos de producción y utilidad obtenida en la producción, se calculó la relación beneficio-costos R (B/C) obtenida para cada tratamiento, mediante la fórmula siguiente:

$$R (B/C) = IT/CT$$

Donde:

$R (B/C)$ = Relación Beneficio/Costo

IT= Ingresos totales

CT= Costos totales

2.7 RESULTADOS

2.7.1 Frutos cuajados por planta de papaya

Para esta variable se contabilizaron los frutos que cumplieran con los estándares de calidad establecidos por la empresa. Los resultados obtenidos en campo se resumen en el cuadro 13.

Cuadro 13. Resultados para variable número de frutos cuajados por tratamiento

Trat	Repetición				
	1	2	3	4	Promedio
T1	27	24	25	26	25.5
T2	27	29	29	26	27.75
T3	26	25	26	27	26
T4	24	23	26	25	24.5

Con los datos obtenidos, se procedió a realizar el análisis de varianza, cuyos resultados se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Resultados para la variable frutos cuajados

Variable		N	R2	R2Aj	CV
Promedio		16	0.62	0.37	5.07
F.V.	S.C	GI	CM	F	p-valor
Modelo	25.38	6	4.23	2.45	0.11
Tratamiento	22.19	3	7.4	4.28	0.039
Bloque	3.19	3	1.06	0.61	0.6227
Error	15.56	9	1.73		
Total	40.94	15			

Los resultados del análisis de varianza efectuados demuestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo tanto, se realizó una prueba múltiple de medias, la cual se sintetiza en el cuadro 15 y en la figura 7.

Cuadro 15. Prueba de medias de Tukey para la variable frutos cuajados

Tratamiento	Medias	N	E.E.	
T2	27.75	4	0.66	A
T3	26	4	0.66	A B
T1	25.5	4	0.66	A B
T4	24.5	4	0.66	B

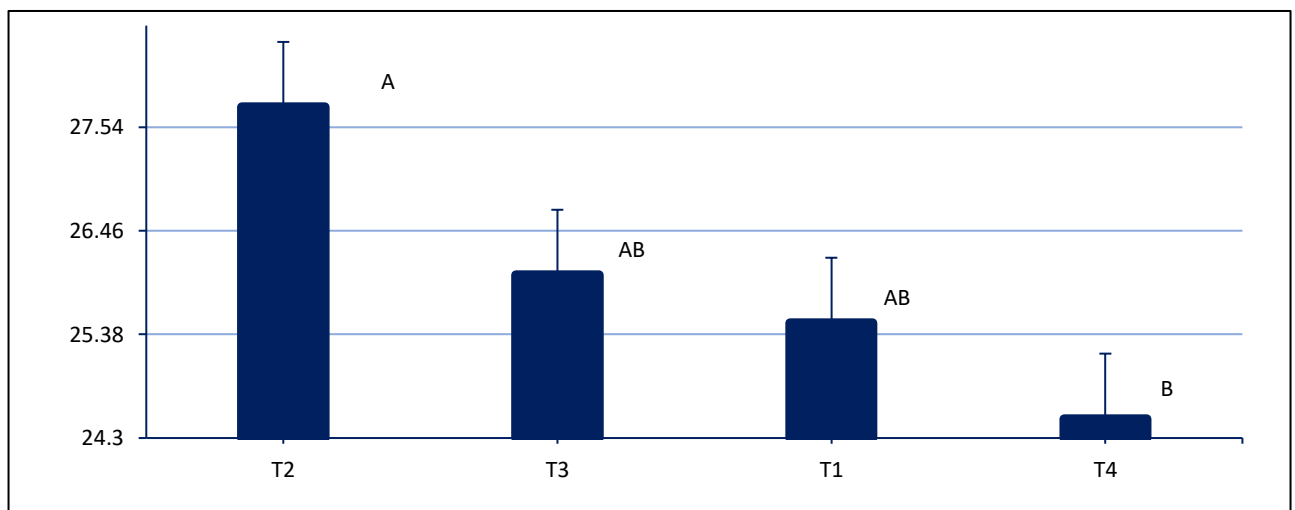


Figura 7. Prueba de Tukey para variable frutos cuajados, gráfico de barras

Los resultados obtenidos en el cuadro anterior muestran que el tratamiento 2 (100 kg/ha de calcio) muestra un mayor número de frutos cuajados respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos 3 y 1 (125 kg/ha y 75 kg/ha de calcio, respectivamente), clasificados en las literales AB, pueden obtener resultados similares al tratamiento 2, sin embargo, algunos de ellos podrían obtener resultados parecidos al testigo. Los resultados obtenidos muestran el potencial productivo de la variedad Tainung, pues un estudio realizado por Alcántara *et. al.*

(2010) quiénes obtuvieron cerca de 12 frutos en papayas tipo Maradol. Sin embargo, en otro estudio citado en dicha investigación. se reportaron hasta 36 frutos por plantas de papaya Maradol.

Al respecto, Bertsch (2005) señala que el calcio es un elemento que favorece el cuaje de las flores y por lo consiguiente a una mayor formación de frutos, cómo se observa en el cuadro 15, en donde el T2 (100 kg/ha) obtuvo hasta 3.5 frutos promedio más que el testigo absoluto. Bertsch (2005) afirma que una mayor producción de frutos en un cultivo debido a la aplicación de un elemento responde a una respuesta directa por parte de la planta, lo que refleja una respuesta a la aplicación. En tal sentido, los niveles de calcio en el suelo o la planta podrían encontrarse debajo del nivel crítico esperado.

Al respecto, Vásquez *et. al.* (2010) afirma que el efecto de calcio en combinación con el boro incrementa el rendimiento del cultivo de papaya y la producción de frutos uniformes, evitando la presencia de frutos con malformaciones. En este sentido, las aplicaciones de calcio, cómo muestra la figura 7, han influido en producir un mayor número de frutos cuajados, uniformes y consistentes. Por el contrario, el tratamiento testigo, al cual no se le ha aplicado calcio, ha presentado un menor número de frutos cuajados. Acosta (1989) resalta que la presencia de calcio y boro en la planta juega un papel importante en reducir las malformaciones de los órganos y la presencia de cavidades o exudados en la membrana, produciendo frutos de mayor calidad.

Lo descrito por Acosta (1989), se observa en la variable evaluada con anterioridad, en donde el nivel de 100 kg/ha de calcio produjo un mayor número de frutos cuajados de calidad. Navarro y Navarro (2003) explican que existe sinergismo entre el ión Ca^{2+} y NO_3^- , lo que aumenta la asimilación de calcio por la planta y mejora la producción de un cultivo. En este contexto, los tratamientos 2 (100 kg/ha), 3 (125 kg/ha) y 1 (75 kg/ha) lograron diferencia de 3.25, 1.5 y 1 frutos cuajados respectivamente respecto al testigo.

2.7.2 Porcentaje de rechazo

Para esta variable se contabilizaron todos los frutos que presentaran daño mecánico, ataque de plagas, presencia de antracnosis, deformidades asociadas a malformación floral y tamaño inadecuado. Los resultados de campo se muestran en el cuadro 16, mientras que los obtenidos en el análisis de varianza se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 16. Resultados para variable porcentaje de rechazo

Trat	Repetición				
	1	2	3	4	Promedio
T1	31.25	29.69	28.45	23.73	27.53
T2	29.69	22.08	23.29	14.63	22.42
T3	25.74	27.14	16.23	19.28	22.10
T4	32.03	36.89	25.00	32.03	31.49

Cuadro 17. Resultados para la variable porcentaje de rechazo

Variable		N	R2	R2Aj	CV
Rechazo		16	0.77	0.61	14.48
F.V.	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	423.85	6	70.64	4.96	0.0165
Tratamiento	253.27	3	84.42	5.92	0.0163
Bloque	170.58	3	56.86	3.99	0.0463
Error	128.30	9	14.26		
Total	552.15	15			

Los resultados del análisis de varianza efectuados demuestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Para determinar el tratamiento que presenta los mejores resultados, se realizó una prueba de medias de Tukey, cuyos resultados se muestran en el cuadro 18 y en la figura 8.

Cuadro 18. Análisis de Tukey para la variable porcentaje de rechazo

Tratamiento	Medias	N	E.E.	
T4	31.49	4	1.89	A
T1	28.28	4	1.89	A B
T2	22.42	4	1.89	B
T3	22.1	4	1.89	B

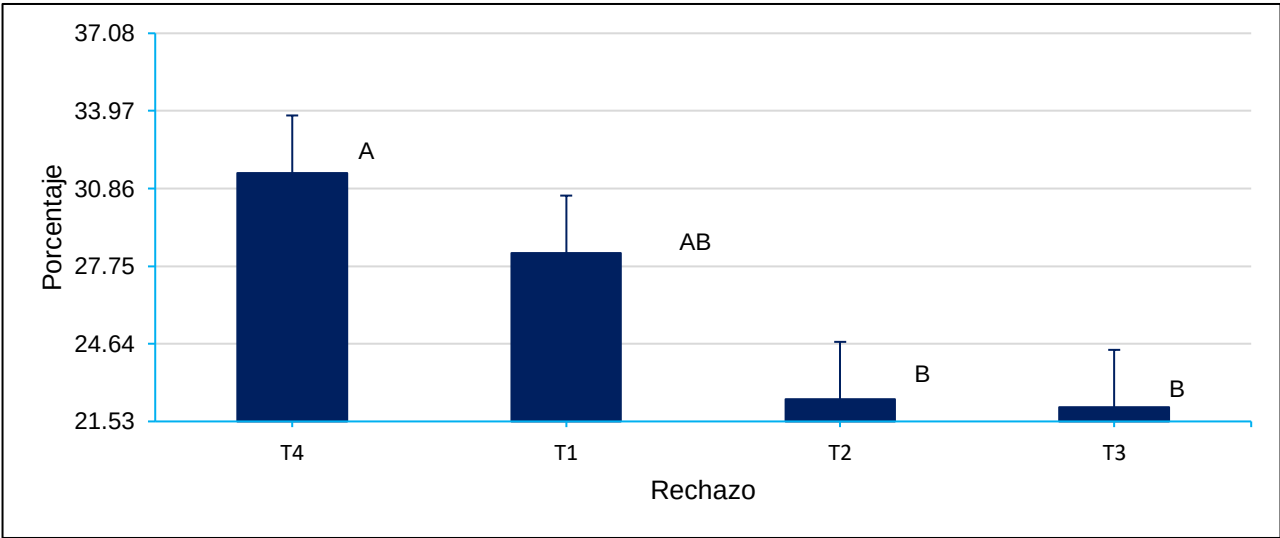


Figura 8. Prueba de medias de Tukey para variable porcentaje de rechazo

Los resultados anteriores muestran que el tratamiento testigo T4 (0 kg/ha) fue el que presentó el mayor porcentaje de rechazo entre los tratamientos evaluados, mostrando diferencias en promedio de 3.21 %, 9.07 % y 9.39 % frente a los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. La disminución en el porcentaje de rechazo por parte de los tratamientos con calcio puede ser asociada a la facilidad de este elemento de provocar una mayor resistencia mecánica en las paredes celulares de los frutos evaluados, que posteriormente inhibió la formación de los tubos germinativos de hongos como la antracnosis.

Esta resistencia estructural proporcionada por el calcio pudo haber fortalecido la pared celular, volviéndola más resistente a las enzimas pectolíticas que la antracnosis produce en el fruto, tal cómo se observa en el cuadro 14, en donde los tratamientos con calcio mostraron

menor porcentaje de rechazo. A propósito, Saborío *et. al.* (2000) señalan que la presencia de depósitos de calcio en las paredes del fruto es determinante como factor en la resistencia física contra enfermedades causadas por hongos, especialmente antracnosis. En tal sentido, se ha probado que el calcio preserva la integridad celular de la pared celular, aumentando la resistencia física contra hongos e inhibiendo algún desarrollo de su ciclo vital.

Barker y Pilbeam (2007) explican que se ha establecido que las membranas se vuelven débiles durante el desarrollo de la planta en ausencia de calcio, y la selectividad iónica se pierde. Los iones de calcio (Ca^{2+}) llevan fosfatos, grupos carboxilos, fosfolípidos y proteínas a las capas de la membrana, ayudando a mantener su estructura y por lo tanto, fortalecen las membranas contra posibles ataques de plagas y enfermedades.

En un diagnóstico realizado por Vázquez *et al.* (2010), relacionado con las pérdidas postcosecha de papaya Maradol, determinó que éstas oscilaron entre 5 % y 40 % de la producción total de una huerta, similares a las reportadas en este estudio. Además, dicho estudio explica que las principales causas de pérdidas durante la postcosecha fueron: antracnosis en frutos (17 %); daños por frío (10 %); daño mecánico por compresión, golpes y roces (4 %), sobremaduración de los frutos (2 %), daños por pájaros (1%) y deformación de frutos por carpeloidía (1 %).

Es importante mencionar que el porcentaje de rechazo en esta investigación está dado por la presencia de frutos con malformaciones (22 % en promedio), presencia de antracnosis (cerca del 5 %), forma inadecuada del fruto (1 %) y daño mecánico (1 %).

Según Vázquez *et. al.* (2010) a nivel mundial, las pérdidas postcosecha en papaya varían entre 40 % y 100 % y son ocasionadas generalmente por las siguientes causas: a) enfermedades fungosas; b) desórdenes fisiológicos; c) daños mecánicos y d) sobremaduración de los frutos. Al respecto, dicho estudio explica que la deficiencia de calcio puede provocar oscurecimiento en los tejidos, malformaciones en los órganos y la presencia de cavidades, agrietamientos o exudados de látex.

García (2010), por su parte, refiere que aplicaciones de calcio y boro son de mucha importancia para disminuir problemas con la malformación de frutos y evitar pérdidas postcosecha, esto se refleja de igual manera en los resultados obtenidos, en donde se observa que los tratamientos aplicados tuvieron significancia en el total de frutos cuajados.

En este contexto, Bertsch (1995) explica que el calcio cumple un papel estructural en el fruto, como pectatos de calcio en las láminas medias, la parte cementante de las paredes celulares, aparte de participar en la formación de la membrana celular y estructuras lipídicas, proporcionando rigidez y una mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades. Cómo se observa en el cuadro 16, los tratamientos 2 y 3, obtuvieron un menor porcentaje de rechazo, debido a un menor ataque de hongos como la antracnosis.

Al respecto, Barker y Pilbeam (2007) explican que los iones de calcio sirven como puente para los grupos fosfato y carboxilo de los fosfolípidos, ayudando a mantener la estructura de la membrana. De la misma manera, sostienen que el calcio es un elemento clave en la estructura de las células primarias y es de importancia para darle fortaleza a la pared celular. Un estudio realizado por Saborío *et. al.* (2010) reflejó que en aplicaciones precosecha de CaCl en papaya no se obtuvieron diferencias significativas en tratamientos con CaCl respecto al testigo absoluto y al contrario, el tratamiento con 4 % de CaCl aumentó la severidad de la enfermedad.

Sin embargo, Saborío *et. al.* (2010) en esa misma investigación, demostraron que, en aplicaciones postcosecha de calcio, si es posible reducir la incidencia de antracnosis. Ellos reportaron severidad del 23 % para el tratamiento testigo, mientras que para las concentraciones de 1 % y 4 % de CaCl se obtuvieron resultados de 12 % y 11 % respectivamente.

Otro estudio llevado a cabo por Saborío-Arguello *et al*, (1997), reportaron diferencias significativas entre el tratamiento precosecha con cloruro de calcio y el testigo en cuanto a disminución de la severidad de la enfermedad de la antracnosis, disminuyendo el porcentaje de rechazo, observando un aumento en la firmeza tanto de la cáscara como de la pulpa, sin

que se vieran afectados el porcentaje de grados Brix. Es importante mencionar que la aplicación de calcio en los cultivos utilizada como un factor de resistencia física contra plagas y enfermedades, debe definirse adecuadamente, pues concentraciones altas pueden provocar un aumento en la severidad de la enfermedad o plaga (Saborío *et. al.* 2010).

2.7.3 Longitud de fruto

Los resultados obtenidos en campo para la variable longitud de fruto en metros, así como el análisis de varianza desarrollado con dichos datos, se presentan en los cuadros 19 y 20.

Cuadro 19. Resultados para variable longitud promedio en metros

Trat	Repetición				
	1	2	3	4	Promedio
T1	0.2781	0.2833	0.2838	0.2831	0.2821
T2	0.282	0.2834	0.2821	0.2828	0.2826
T3	0.2821	0.2839	0.2829	0.2883	0.2843
T4	0.2726	0.281	0.2858	0.2811	0.2801

Cuadro 20. Análisis de varianza para variable longitud de fruto

Variable		N	R2	R2Aj	CV
Longitud		16	0.61	0.36	0.96
F.V.	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.10×10^{-4}	6	1.80×10^{-5}	2.38	0.1166
Tratamiento	3.50×10^{-5}	3	1.20×10^{-5}	1.6	0.2561
Bloque	7.00×10^{-5}	3	2.30×10^{-5}	3.16	0.0785
Error	6.60×10^{-5}	9	7.40×10^{-5}		
Total	1.70×10^{-5}	15			

Los resultados del análisis de varianza efectuados demuestran que el nivel de probabilidad es mayor al nivel de significancia, por lo que se confirma que ninguno de los tratamientos muestra diferencias en cuanto a la longitud promedio de fruto, por lo tanto, no procede el análisis de diferencia de medias.

Según García (2010), la longitud promedio de la variedad Tainung suele estar entre los 0.25 m, mientras que un estudio de variedades realizado por Alonso *et. al.* (2009) se obtuvieron frutos de hasta 0.36 m de longitud. En este sentido, la longitud promedio de los frutos medidos en este estudio estuvo entre 0.28 m aproximadamente, sin embargo, en algunos casos, se obtuvieron frutos de hasta 0.42 m de longitud.

Alcántara *et. al.* (2010) reportaron valores medios de entre 0.18 m a 0.25 m de longitud en frutos de las variedades Maradol, Criolla, Red Lady, Zapote y RM, los cuales son inferiores a los obtenidos en este estudio. Sin embargo, Mirafuentes (1997) citado por Alcántara *et. al.* (2010) obtuvo frutos de 0.32 m, 0.25 m y 0.2 m de longitud, los cuales se asemejan más a los obtenidos en la presente investigación. A pesar de la variabilidad de tamaños encontrados durante el desarrollo del estudio, en cuanto a la longitud promedio no se observaron diferencias significativas como indica el cuadro 15.

En un estudio realizado por Mago (2015) con aplicaciones precosecha de calcio, se demostró que las aplicaciones no tuvieron incidencia en la longitud del fruto de papaya y que los resultados para los tratamientos fueron similares. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente estudio en donde se demuestra que ninguno de los tratamientos evaluados mostró diferencias significativas en la longitud de fruto. Mago (2015) afirma que en otros estudios realizados utilizando calcio como fuente tampoco se obtuvieron diferencias en el tamaño de fruto.

Sin embargo, autores como Taiz y Zeiger (2006), explican que el calcio es un elemento que afecta la rigidez de la pared celular, por lo cual podría alterar la capacidad de elongación celular y de esta forma, alterar el tamaño, cómo se ha observado en otros frutos carnosos.

2.7.4 Diámetro ecuatorial de fruto

Los resultados obtenidos en campo, para la variable diámetro ecuatorial de fruto en metros, se presentan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Resultados para variable diámetro ecuatorial de fruto en metros

Trat	Repetición				
	1	2	3	4	Promedio
T1	0.3323	0.3418	0.3531	0.3386	0.3414
T2	0.3340	0.3456	0.3527	0.3366	0.3422
T3	0.3506	0.3468	0.3470	0.3530	0.3493
T4	0.3299	0.3459	0.3454	0.3353	0.3391

Con dichos datos, se procedió a realizar el análisis de varianza, cuyos resultados se sintetizan en el cuadro 22.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto

Variable		N	R2	R2Aj	CV
Longitud		16	0.6696	0.4493	1.6695
F.V.	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.00×10^{-4}	6	1.00×10^{-4}	3.0394	0.0655
Tratamiento	2.00×10^{-4}	3	1.00×10^{-4}	2.3713	0.1382
Bloque	4.00×10^{-4}	3	1.00×10^{-4}	3.7074	0.0551
Error	3.00×10^{-4}	9	3.30×10^{-5}		
Total	9.00×10^{-4}	15			

Los resultados del análisis de varianza efectuados demuestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, en cuanto al diámetro ecuatorial promedio de fruto; en tal sentido, no procede a un análisis de medias. Según Alonso *et. al.* (2009), los frutos de Tainung I muestran un diámetro ecuatorial de $0.326 \text{ m} \pm 0.02 \text{ m}$; cómo se observa en el cuadro 16, el diámetro de los frutos evaluados en los distintos tratamientos se encuentra en

un promedio de entre 0.32 m y 0.34 m. por lo que los resultados obtenidos en esta investigación se asemejan a los obtenidos por Alonso *et. al.* (2009) en dicho estudio.

Cómo se observa en el cuadro 22, el diámetro de fruto no presentó diferencias significativas entre tratamientos, resultados similares a los obtenidos por Mago (2005), con aplicaciones de 0.1 %, 0.2 % y 0.3 % de calcio aplicados a nivel foliar y de fruto. En dicho estudio, los tratamientos obtuvieron diámetros similares al testigo y no se observaron diferencias.

Por su parte, Lobo *et. al.* (2011), observó diámetros similares en frutos carnosos al aplicar diferentes dosis de calcio tales como nitrato de calcio, Metalosate calcio, entre otros productos comerciales. Algunos autores citados por Mago (2005) señalan que el tamaño del fruto se relaciona directamente con el tamaño de sus células individuales, en este sentido, la capacidad del calcio para la multiplicación y el crecimiento celular podría modificar la capacidad de elongación y producir frutos de mayor diámetro, fenómeno que no se observó en la presente investigación.

De la misma manera, con los resultados obtenidos, se determinó el porcentaje de frutos para cada calibre, de acuerdo con su diámetro, para cada uno de los tratamientos evaluados, los cuales se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Porcentaje de frutos por calibre para cada tratamiento

Tratamiento	Porcentajes para cada calibre (%)			
	Calibre 9	Calibre 12	Calibre 15	Calibre 16
T1	8.86	28.80	55.70	6.65
T2	7.26	35.83	48.33	8.58
T3	7.63	43.96	43.02	5.40
T4	4.16	36.89	46.12	12.82

En la figura 9 se muestra el porcentaje de calibres para cada tratamiento.

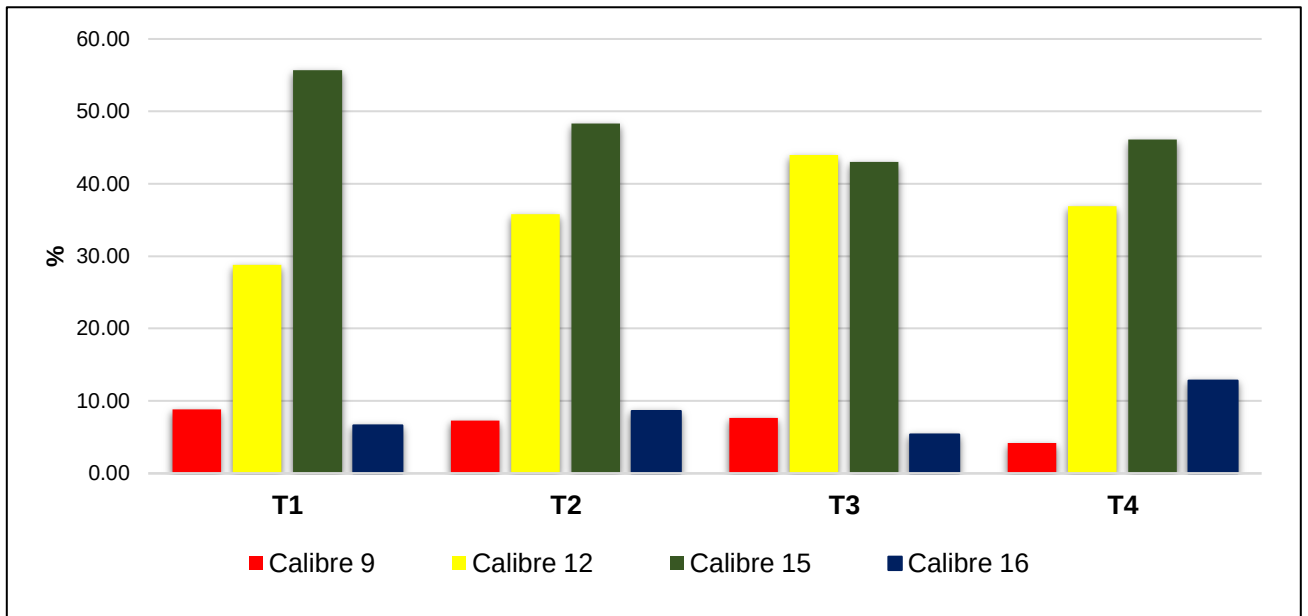


Figura 9. Porcentajes de calibre para cada tratamiento

En la figura 9 se puede observar los frutos más comunes entre todos los tratamientos fueron los de calibre 12 y 15; esto quiere decir que en cada caja para exportación, pueden ser colocados 12 y 15 frutos respectivamente. La gráfica también muestra que el tratamiento testigo T4 (0 kg/ha) presentó un 12.82 % de frutos de calibre 16, siendo el tratamiento que obtuvo frutos más pequeños.

2.7.5 Peso de fruto

Para esta variable, se determinó el peso en kilogramos para frutos frescos. Los resultados obtenidos en campo, así como los derivados del análisis de varianza para dicha variable, se presentan en los cuadros 24 y 25.

Cuadro 24. Resultados para variable peso promedio de fruto en kilogramos

Trat	Repetición				
	1	2	3	4	Promedio
T1	1.63	1.50	1.84	1.63	1.65
T2	1.63	1.80	1.73	1.71	1.72
T3	1.71	1.42	1.61	1.64	1.6
T4	1.59	1.58	1.76	1.55	1.62

Cuadro 25. Análisis de varianza para variable peso promedio de fruto

Variable		N	R2	R2Aj	CV
Peso		16	0.48	0.13	6.23
F.V.	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.09	6	0.01	1.37	0.3216
Tratamiento	0.03	3	0.01	1.07	0.4102
Bloque	0.05	3	0.02	1.67	0.2411
Error	0.09	9	0.01		
Total	0.18	15			

Los resultados del análisis de varianza efectuados demuestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Según el cuadro 19, los pesos promedios en fresco en kilogramos obtenidos se mantuvieron en un promedio de 1.65 kg para T1 (75 kg/ha), 1.72 kg para T2 (100 kg/ha), 1.6 kg para T3 (125 kg/ha) y 1.62 kg para T4 (0 kg/ha); dichos

resultados coinciden con los obtenidos por Alonso *et. al.* (2009) quien obtuvo frutos de la variedad Tainung I de 1.67 kg en un estudio de análisis de variedades de papaya.

De la misma manera, cómo se observa en el cuadro 22, los valores promedios de peso fresco en kilogramos obtenidos no se vieron influenciados por ninguno de los tratamientos evaluados. Los resultados concuerdan con los obtenidos por Mago (2005) quién no observó diferencias en peso fresco y seco en frutos de papaya Carmen F1 con diferentes dosis de calcio.

Algunos estudios citados por Mago (2005) en su investigación señalan que aplicaciones de nitrato de calcio, sulfato de calcio, cloruro de calcio y lactato de calcio no mostraron diferencias en el peso fresco de mango y melón, y que ninguna aplicación de calcio tuvo incidencia en esta variable. Marschen (2005), además, explica que el calcio está asociado directamente a la estabilización y rigidez de las membranas y de la pared celular, por lo que otros elementos como el potasio y el nitrógeno son los que más afectan el peso fresco y seco del fruto.

2.7.6 Sólidos solubles en el mesocarpio (grados Brix)

Los resultados obtenidos en campo para la variable grados Brix, así como los del análisis de varianza, se presentan en los cuadros 26 y 27.

Cuadro 26. Resultados para variable grados Brix

Trat	Repetición				
	1	2	3	4	Promedio
T1	12.80	13.08	12.16	12.28	12.58
T2	12.00	12.20	12.52	12.28	12.25
T3	12.88	12.48	12.92	13.20	12.87
T4	13.24	12.32	12.40	13.12	12.77

Cuadro 27. Análisis de varianza para variable grados Brix

Variable		N	R ²	R ² Aj	CV
Brix		16	0.42	0.04	3.2
F.V.	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.08	6	0.18	1.11	0.4278
Tratamiento	0.89	3	0.30	1.83	0.2116
Bloque	0.19	3	0.06	0.38	0.7693
Error	1.46	9	0.16		
Total	2.54	15			

Los resultados del análisis de varianza efectuados demuestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. García (2010) señala que la variedad Tainung por lo general presenta valores de 12 °bx, lo cual se confirma en los datos obtenidos en el presente estudio en donde todos los tratamientos se encontraron por encima de los 12 °bx, con algunas excepciones. En tal sentido, el análisis realizado demostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para los sólidos solubles en el mesocarpio, resultados que coinciden con los obtenidos por Mago (2005) en diferentes aplicaciones de calcio en precosecha, cuyos resultados variaron entre 8.56 °bx y 9.84 °bx.

En contraste, Madani *et al.* (2014) indicaron que la aplicación de calcio afectó de manera significativa la concentración de sólidos solubles totales en papaya de la variedad “Eksotika II”, reportando para el testigo 10.7 °bx, mientras que para los tratamientos de 1,5 % y 2 % de cloruro de calcio valores menores a dicho parámetro. Ellos explican que el calcio hace más lento el proceso de respiración y por lo tanto, el cambio de carbohidratos a azúcares más simples, disminuyendo el nivel de grados Brix.

Saborío *et. al.* (2010), por su parte, encontró diferencias significativas en grados Brix para diferentes aplicaciones poscosecha de Cloruro de Calcio. En dicho estudio se explica que el tratamiento sometido a 4 % de CaCl produjo una disminución de grados Brix respecto a

los tratamientos con una menor concentración y con el testigo absoluto, aunque no de manera significativa de tipo estadística.

En una investigación realizada por Alcántara *et. al.* (2010) los frutos de Maradol y Red Lady obtuvieron una mayor concentración de azúcares solubles, con 13,9 °bx. y 13,5 °bx, respectivamente; mientras que hubo menos concentración de estos azúcares en la pulpa de frutos de la variedad Zapote (10,3 °bx). Los resultados se asemejan a los obtenidos en este estudio, sin embargo, algunos de los frutos evaluados obtuvieron hasta 14 °bx, lo que se considera un parámetro alto pues el mercado de exportación recomienda 11,5 °bx (Alcántara *et. al.* 2010).

Vásquez *et. al.* (2010) señala que en papayo, se ha determinado que el potasio influye sobre la calidad en postcosecha, debido a que incrementa el contenido de azúcares, sabor y color de los frutos; en tal sentido, es importante mencionar que existe antagonismo entre los iones K^+ y Ca^{2+} y que la competencia entre ambos cationes podría repercutir en la formación de azúcares y por lo tanto la disminución de grados Brix, fenómeno que no se reportó en la presente investigación.

Al respecto, Saborío-Arguello *et al*, (1997), también comentan que encontraron diferencias significativas entre el tratamiento precosecha con cloruro de calcio y el testigo en cuanto a disminución de la severidad de la enfermedad de la antracnosis, sin que se vieran afectados el porcentaje de sólidos solubles en el mesocarpio.

2.7.7 Vida de anaquel

Los resultados obtenidos en campo para la variable vida de anaquel, así como los derivados del análisis de varianza, se presentan en los cuadros 28 y 29.

Cuadro 28. Resultados para variable vida de anaquel (días)

Trat	Repetición				
	1	2	3	4	Promedio
T1	10	10	9	8.5	9.38
T2	10	5	7	5.5	6.88
T3	5	9	6	6	6.50
T4	5	9	6	6	7.25

Cuadro 29. Resultados para la variable vida de anaquel

Variable		N	R2	R2Aj	CV
Anaquel		16	0.51	0.19	24.2
F.V.	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	29.75	6	4.96	1.58	0.2569
Tratamiento	23.06	3	7.69	2.45	0.1298
Bloque	6.69	3	2.23	0.71	0.5691
Error	28.19	9	3.13		
Total	57.94	15			

Los resultados anteriores muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, y que los días de anaquel obtenidos en los tratamientos con calcio son similares al testigo, aunque éste presente la menor cantidad de días en vida de anaquel. Estos resultados son similares a los reportados por Mago (2005) quien explica que no hubo efecto de la aplicación pre cosecha de calcio sobre la duración del período entre madurez de cosecha y madurez de consumo, siendo valores muy cercanos al observado para el tratamiento testigo.

Los resultados obtenidos por Mago (2005) fueron entre 4.3 y 6 días para los diferentes tratamientos evaluados, mientras que los reportados en este estudio estuvieron entre 6 a 9 días aproximadamente. Entre los factores que pudieran haber afectado la absorción de calcio por parte de la fruta se podrían mencionar la variedad de fruta, el grado de madurez al momento de corte, el daño mecánico sufrido por la fruta y la eficiencia del programa fitosanitario.

Al respecto, Vásquez *et. al.* (2010) explica que es importante proteger los frutos y evitar al máximo los daños mecánicos (golpes, roces y compresión de frutos), pues estos aparecen posteriormente en la madurez de consumo, afectando la calidad y el valor de los frutos. Es importante evitar al máximo la exposición de los frutos al sol y trasladarlos lo más rápido posible al centro de empaque.

Vásquez *et. al.* (2010) también explica que uno de los aspectos más importantes de la producción de papaya comienza en la etapa de poscosecha y los tratamientos contra la antracnosis son fundamentales, ya que de estos depende el éxito de la comercialización. En este sentido, la antracnosis se presentó como el mayor problema durante la toma de datos para la realización del experimento, convirtiéndose en el principal factor de reducción de vida de anaquel del fruto.

De la misma manera, Vásquez *et. al.* (2010) argumenta que los frutos de papaya se caracterizan por ser de tipo climatérico, con altas tasas de respiración y producción de etileno, con epicarpio delgado y frágil que los hace altamente susceptibles y perecederos, por lo que los tratamientos para aumentar la vida de anaquel son de suma importancia para lograr mejores mercados para el fruto. Por tal razón, aparte de aplicar los tratamientos químicos para proteger el fruto del ataque de plagas y enfermedades, se recomienda aplicar tratamientos a base de la aplicación de aire caliente o bien ingresar la fruta a cuartos fríos como se hace actualmente en la empacadora ANISA.

2.7.8 Características cualitativas para los diferentes tratamientos

Los frutos cosechados fueron evaluados mediante un análisis visual, cuyos resultados se sintetizan en el cuadro 30.

Cuadro 30. Características cualitativas de fruto para cada tratamiento

Características	T1 (75 kg/ha)	T2 (100 kg/ha)	T3 (125 kg/ha)	T4 (0 kg/ha)
Sólidos solubles (°bx)	12.58	12.25	12.87	12.77
Consistencia del mesocarpio	Media/Alta	Alta	Alta	Media/Alta
Textura del mesocarpio	Lisa	Lisa/Dura	Lisa/Dura	Lisa
Color del epicarpio	Anaranjado	Amarillo/ Anaranjado	Amarillo/ Anaranjado	Anaranjado/ Amarillo
Color del mesocarpio	Rojo/Naranja	Rojo/Anaranjado	Rojo/ Anaranjado	Rojo/ Anaranjado

Cómo se puede observar en el cuadro 28, los grados Brix para cada uno de los tratamientos es similar, como ya se explicó con anterioridad en el apartado específico de esta variable. En cuanto a la consistencia del mesocarpio, en todos los tratamientos se observó una consistencia media/alta, que es la que el mercado exige.

Un estudio realizado por Mago (2005) mostró que la firmeza de pulpa no se vio afectada por diferentes aplicaciones pre cosecha de calcio, resultados que concuerdan con los obtenidos en este estudio. La autora explica que no hubo una respuesta clara de los tratamientos y que los valores mostraron una tendencia errática, sin manifestar un comportamiento definido en cuanto a los posibles efectos de la aplicación pre cosecha de calcio. Es importante mencionar que estos valores obtenidos en cosecha fueron mucho mayores que los obtenidos en madurez se cosecha, indicando el ablandamiento del fruto, producto de la maduración.

Saborío *et. al.* (2010), reportaron que no encontraron diferencias significativas en aplicaciones precosecha y poscosecha de calcio en papaya para atributos como textura, resistencia o firmeza de tejidos a nivel de pulpa. En cuanto al color, tanto de la cáscara como los de la pulpa, estos coinciden con los obtenidos por Alonso *et. al.* (2009) quiénes reportaron colores anaranjado, amarillo y rojo salmón en papayas de la variedad Tainung I en un estudio de comparación de variedades realizado en Cuba. Las figuras 10 y 11 muestran las papayas evaluadas.



Figura 10. Papayas en estado poscosecha para análisis



Figura 11. Fruta cosechada

2.7.9 Evaluación de nutrimentos a nivel foliar

Los resultados obtenidos de la evaluación de nutrimentos a nivel foliar se presentan en el cuadro 31 y 32.

Cuadro 31. Resultados de análisis foliar al inicio del experimento

Niveles	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	1-2.5	0.2-0.4	3.3-5.5	1-3	0.4-1.2	0.1-0.5	20-40	4-10	25-100	20-150	15-40
R1	1.13	0.08	1.72	1.84	0.38	0.18	17.87	2.84	23.28	63.31	9.43

Cuadro 32. Resultados de análisis foliar al final del experimento (cosecha)

Niveles	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	1-2.5	0.2-0.4	3.3-5.5	1-3	0.4-1.2	0.1-0.5	20-40	4-10	25-100	20-150	15-40
T1	0.99	0.08	1.92	0.97	0.38	0.15	7	2.2	52.27	103.1	20.1
T2	0.94	0.07	1.76	0.99	0.35	0.12	23.27	6.2	54.73	93.02	15.2
T3	0.99	0.07	1.89	1.04	0.46	0.12	22.34	7.61	66.09	11.6	11.7
T4	0.93	0.07	2.05	0.93	0.39	0.11	20.21	7.08	37.44	91.21	13.7

En cuanto a los niveles de calcio para cada tratamiento, en los dos momentos de toma de la muestra, se sintetizan en el cuadro 33 y en la figura 12.

Cuadro 33. Niveles de Calcio foliares en la investigación

Etapas de aplicación	Nivel de Calcio (%)*			
	T1	T2	T3	T4
Inicio	1.84	1.84	1.84	1.84
Final	0.97	0.99	1.04	0.93

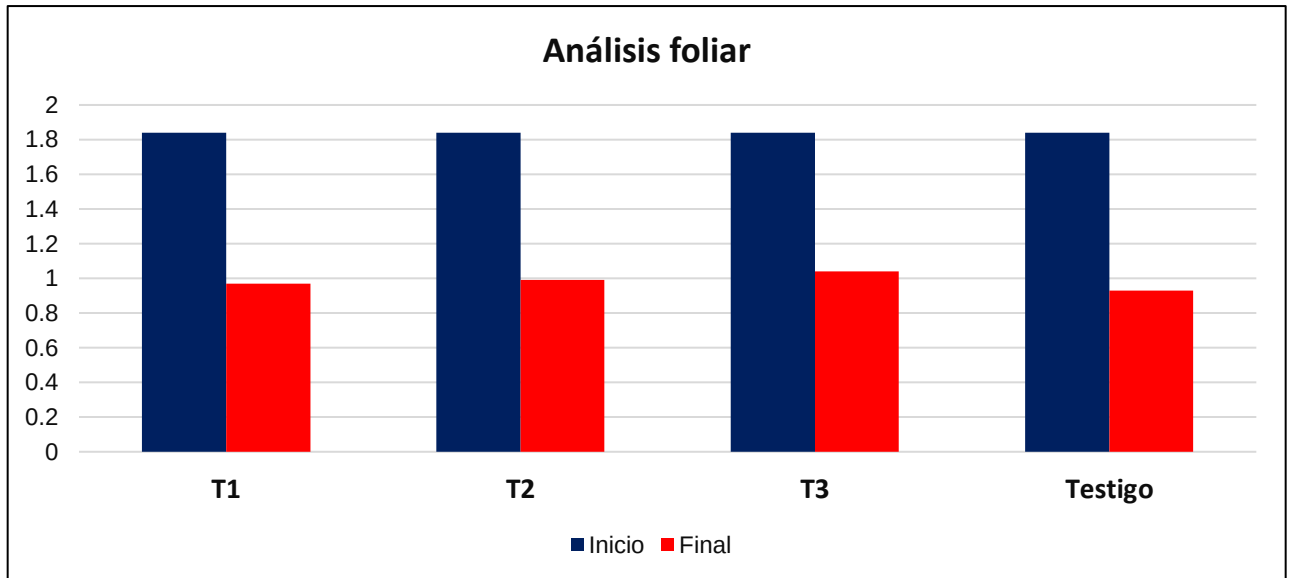


Figura 12. Niveles foliares de calcio por tratamiento

Los niveles de calcio al inicio de la investigación se encuentran dentro del nivel crítico determinado para el análisis realizado. Todos los tratamientos presentan el mismo nivel debido a que al momento de tomar la muestra, no se había aplicado calcio y por lo tanto todos los tratamientos se encontraban en similitud de condiciones. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Mago (2005) al inicio de la investigación y que presentó niveles entre 1.5 % y 2 %. Sin embargo, como se observa en la figura 9, los niveles de calcio descendieron para la segunda toma de datos y únicamente el nivel T3 (125 kg/ha) se mantuvo dentro del nivel crítico establecido.

A pesar de ello, según indica Marschner (1995), un aumento o disminución en los niveles de calcio en el peciolo no necesariamente conduce al aumento de calcio en órganos de baja transpiración como el fruto, los cuales son suplidos vía floema y por tal razón el nivel foliar no puede ser un parámetro definido para establecer la influencia de este elemento en la calidad del fruto.

En este sentido, las aplicaciones de calcio no tienen influencia en el aumento de los niveles foliares de este elemento en la planta. Al respecto, Mago (2005) señala que tanto

aplicaciones foliares como al suelo no tuvieron diferencias significativas en el contenido foliar de este elemento.

Otra de las razones que pudo haber disminuido la absorción de calcio por parte de los peciolo y por lo consiguiente del fruto puede atribuirse a las condiciones climáticas presentes en la zona. Durante la realización del experimento se desarrollaron altas precipitaciones, alta temperatura, fuertes vientos y humedad relativa alta, lo que pudo afectar la tasa de transpiración del cultivo por lo cual la translocación del calcio a los órganos de la planta se pudo ver afectada.

En este sentido White y Broadley citados por Mago (2005) indican que diferentes condiciones pueden afectar la absorción de calcio entre ellos una inadecuada distribución del Ca hacia los órganos de baja tasa transpiratoria o alta tasa de desarrollo, pobre conexión xilemática, alta tasa transpiratoria de la planta y una baja presión radical. Posteriormente se realizó un análisis de las relaciones nutricionales entre los elementos, el cual se presenta en el cuadro 34.

Cuadro 34. Relaciones entre los nutrimentos a nivel foliar

Niveles	K+Ca+Mg	K/Mg	N/K	Ca/K	N/P	K/P	Ca/Mg	K/Ca+Mg
	2-3.5	2-5.0	2-4.0	2-5	14-20	5-8	<10	0.2-0.3
T1	3.27	5.05	0.52	0.51	12.38	24.00	2.55	2.36
T2	3.10	5.03	0.53	0.56	13.43	25.14	2.83	2.13
T3	3.39	4.11	0.52	0.55	14.14	27.00	2.26	2.28
T4 (Testigo)	3.37	5.26	0.45	0.45	13.29	29.29	2.38	2.59

La relación K + Ca + Mg es un parámetro para determinar la nutrición general del cultivo, lo que demuestra que, en condiciones generales el programa de nutrición para todos los tratamientos es adecuado (Gutiérrez, 2007). A pesar de que la relación K/Mg se encuentra por encima del nivel crítico, ambos elementos se encuentran deficientes a nivel foliar en todos los tratamientos. Los niveles bajos de ambos elementos pueden deberse a

fertilizaciones inadecuadas, exceso de nitrógeno disponible y en el caso del magnesio, suelos calcáreos bajos en dicho elemento.

Las siguientes relaciones, por su parte, denotan fenómenos de antagonismo entre los elementos. Se puede observar que las relaciones entre nitrógeno y los macroelementos restantes, fósforo y potasio, se encuentra debajo del nivel adecuado, posiblemente por los bajos niveles de dichos elementos en el peciolo (Jaramillo, 2002).

Por su parte, se observa en la relación Ca/K , que los niveles de potasio no son los adecuados en la planta por lo que se esperaría una respuesta a la aplicación de dicho elemento. A pesar de las altas aplicaciones de potasio en las plantaciones, existe deficiencia a nivel foliar por lo que es recomendable equilibrar la relación entre ambos elementos.

La relación Ca/Mg refleja que ambos elementos se manejan dentro de los rangos de suficiencia adecuados mientras que la última relación, K/ Ca+ Mg , demuestra nuevamente la importancia de mejorar los niveles de potasio. Las relaciones que involucran con calcio (a excepción de la relación con K), muestran que dicho elemento fue absorbido adecuadamente por la planta y que las aplicaciones realizadas tuvieron los resultados esperados. Es importante, sin embargo, chequear los niveles de K y manejar una mejor relación entre ambos elementos de cara a las siguientes producciones.

2.7.10 Análisis económico

Para la realización del análisis económico, se obtuvieron los costos totales de producción por hectárea, los cuales se presentan en el cuadro 35.

Cuadro 35. Costos totales de producción para el cultivo de papaya por hectárea

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Q)	Costo Total (Q)	
Preparación de suelo					
Arado	2	Ha	200	400	
Rastra	2	Ha	200	400	
Surqueado	1	Ha	200	200	1000
Insumos					
Pilones	1400	Pilones	5	7000	
Insecticidas	30	L	100	3000	
Fungicidas	15	kg	500	7500	
Acaricidas	10	L	875	8750	
Herbicidas	10	L	80	800	
Fertilizantes	50	qq	259	12950	
Materia orgánica	150	qq	25	3750	
Fertilizantes Foliare	20	L	100	2000	
Adherentes/Penetrantes	20	L	40	800	
Manguera de riego	2700	m lineal	0.75	2025	
Combustible	100	gl	25	2500	51075
Mano de obra					
Trasplante	10	Jornales	50	500	
Colocación manguera	5	Jornales	50	250	
Control mecánico de malezas	50	Jornales	50	2500	
Control de hojas	10	Jornales	50	500	
Sexado	10	Jornales	50	500	
Riego	15	Jornales	50	750	
Fertiriego	15	Jornales	50	750	
Fertilización	50	Jornales	50	2500	
Aplicaciones fitosanitarias	50	Jornales	50	2500	
Cosecha	50	Jornales	50	2500	
Transporte	10	Jornales	75	750	
Manejo poscosecha/empaque	50	Jornales	50	2500	16500
TOTAL					68575
Costos indirectos					
Administrativos					2000
Imprevistos					2500
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					73075

Posteriormente se calcularon los ingresos respectivos para cada tratamiento, los cuales se sintetizan en el cuadro 36.

Cuadro 36. Ingresos brutos por tratamiento

Tratamiento	Frutos por planta	Frutos/ha	No. de cajas	Contenedores	Precio Unitario (U.S. \$)	Precio Total (U.S. \$)	Ingreso Total (Q.)
T1	25.5	35700	2682	2.48	8,500	21108.33	162534.17
T2	27.75	38850	2933	2.72	8,500	23083.80	177745.23
T3	26	36400	2808	2.60	8,500	22100.00	170170.00
T4	24.5	34300	2342	2.17	8,500	18432.41	141929.54

Con los costos totales y los ingresos brutos calculados, se procedió a calcular el porcentaje de rentabilidad y la relación beneficio-costo, cuyos resultados se resumen en el cuadro 37.

Cuadro 37. Ingresos, costos e indicadores financieros

Rubro	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Ingreso bruto (Q.)	152973.33	167289.63	160160.00	133580.74
Costo de producción sin tratamientos (Q.)	73075.00	73075.00	73075.00	73075.00
Costo de cada tratamiento (Q.)	696.97	929.30	1161.62	0.00
Costo total de producción (Q.)	73771.97	74004.30	74236.62	73075.00
Ingreso Neto (Q.)	79201.36	93285.33	85923.38	60505.74
Rentabilidad (%)	107.36	126.05	115.74	82.80
Relación Beneficio-Costo	2.07	2.26	2.16	1.83

El cuadro 35 muestra los índices de rentabilidad para cada tratamiento. Se puede observar que el tratamiento que presenta una mayor rentabilidad es T2 con un 126.05 %, mientras que el tratamiento testigo únicamente presenta un 82.80 %, por lo que es el menos recomendable de los tratamientos evaluados. En cuanto a la R (B/C), se puede observar que también el T2 presenta los mejores resultados, pues por cada quetzal invertido el

productor recupera Q. 1.26 lo que representa un indicador económico confiable para continuar con la producción. En cuanto al testigo, este le refleja al productor Q. 0.83 de ganancia por cada quetzal invertido, siendo el indicador más bajo de todos los tratamientos evaluados.

2.8 CONCLUSIONES

1. El tratamiento correspondiente a 100 kg/ha de calcio presentó un mayor número de frutos cuajados por árbol y un porcentaje de rechazo menor al resto (22.42 %), siendo el tratamiento que presentó los mejores índices de producción para las condiciones evaluadas. La reducción del porcentaje de rechazo, se debe, en gran medida, a una menor incidencia de *Colletotrichum gloeosporioides* P.
2. Los niveles de calcio a nivel foliar presentaron resultados similares para los tratamientos evaluados, sin embargo, se observó una leve disminución del nivel para todos los tratamientos al final de la investigación. Además, se determinó que las relaciones de bases Ca/K y Ca/Mg estaban fuera del rango establecido.
3. El análisis económico demostró que el tratamiento correspondiente a 100 kg/ha de calcio presentó un porcentaje de rentabilidad de 126.05 % y una relación beneficio-costeo de 2.26, por lo que dicho tratamiento se considera la opción económica más viable para la aplicación de calcio en el programa de nutrición de la empresa.

2.9 RECOMENDACIONES

1. La evaluación debe ser replicada en una parcela comercial que permita constatar los resultados obtenidos en esta investigación y confirmar si el T2 (100 kg/ha) es la mejor opción de aplicación de calcio dentro del programa de nutrición de la empresa.
2. En futuras replications de esta investigación se recomienda evaluar variables como días a la maduración y consistencia de pulpa, ya que visualmente se observaron diferencias las cuales no fueron consideradas para la realización de este experimento.
3. El monitoreo del clima es de suma importancia en la aplicación de nitrato de calcio, ya que aplicaciones con altas precipitaciones pueden provocar que el elemento no sea absorbido adecuadamente por la planta.

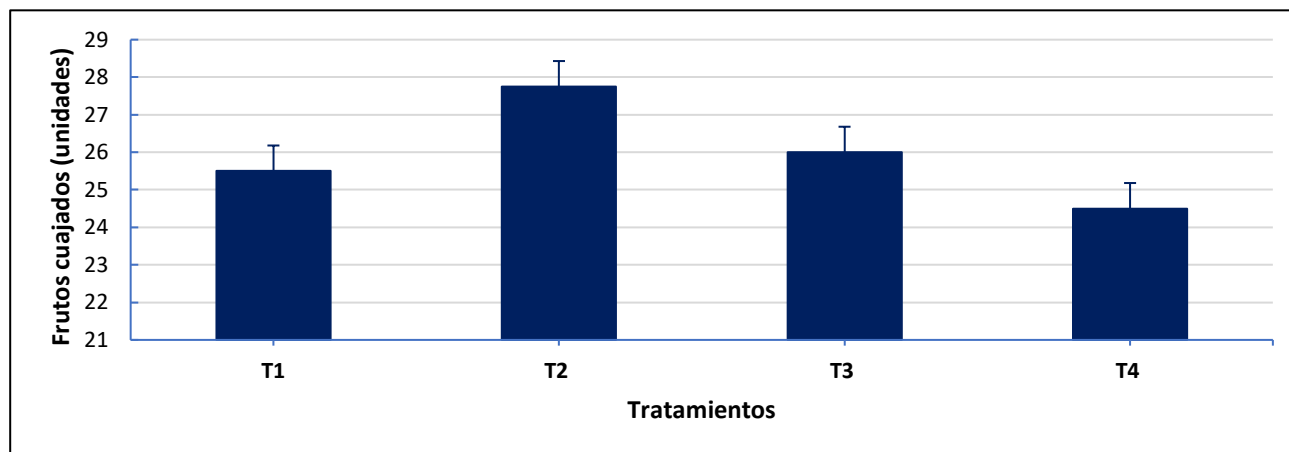
2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. Alcántara, J.; Hernández, E; Ayvar, S; Nava, A.; Brito, T. 2010. Características fenotípicas y agronómicas de seis genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) de Tuxpan, Guerrero, México. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1 (1): 35-46. Consultado 20 ag. 2018. Disponible en: <http://oaji.net/articles/2017/4924-1495199597.pdf>
2. Barker, A; Pilbeam, D. 2007. Handbook of plant nutrition. USA, CRC Press / Taylor & Francis Group.
3. Barreno, A; Marroquín, C. 2012. Caracterización económica de la Producción comercial del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en el departamento de Petén, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana “El Zamorano”. 56 p. Consultado 15 set. 2018. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/947/1/AGN-2012-T004.pdf>
4. Duro, J. 2014. Descripción de posibilidades de nuevos cultivos de acuerdo a las condiciones geográficas de distintos sectores del Petén. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 62 p.
5. Esquivel, V. 2010. Trabajo de graduación realizado en cultivo de papaya, bajo condiciones de la finca Misión Técnica Agrícola China-Taiwán, municipio de La Libertad, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 94 p. Consultado el 20 jul. 2018. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7024/2/victor%20emnio%20equivel%20sandoval.pdf>
6. Fallas, J; Bertsh, F; Barrientos, M. 2014. Curvas de absorción de nutrientes en papaya (*Carica papaya* L.) cv. “Pococi” en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha. Agronomía costarricense. 38 (2):43-54. Consultado el 25 feb. 2018. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/17273>
7. FAO, Italia. 2018. Estadísticas del cultivo de papaya (en línea). Consultado 24 jul. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>
8. Fassbender, H; Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 420 p.
9. García, M. 2010. Guía técnica del cultivo de papaya. El Salvador, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). 40 p. Consultado 20 set. 2018. Disponible en: www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf

10. Jiménez, J. 2002. Manual práctico para el cultivo de papaya hawaiana. Guácimo, Costa Rica, EARTH. 108 p. Consultado el 15 ag. 2018. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90022688.pdf>
11. Lima, S. 2005. Estudio de la morfología del fruto de papaya (*Carica papaya* L.) según el tipo de flor en cruzamientos controlados; en el municipio de Cuilapa, departamento de Santa Rosa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 62 p. Consultado el 21 set. 2018. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2163.pdf
12. Lobo, M. 1995. Caracterización bioquímica de frutos de Papaya (*Carica papaya*) hembra y hermafrodita con relación a su aptitud al proceso de congelación. Tesis Doctorado. Madrid, España, Universidad Complutense de Madrid. 107 p. Consultado el 21 set. 2018. Disponible en: <http://webs.ucm.es/BUCM/tesis/19911996/D/1/D1021101.pdf>
13. Lobos, T; Pinilla, H; Lobos, W. 2011. Efecto de aplicaciones de calcio en la calidad de la fruta de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Elliot. Idesia (Chile). 29:59-64.
14. Mago, M. 2015. Efecto de la aplicación precosecha de calcio sobre la calidad de frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) 'Carmen F1'. Tesis Inga. Agr. Maracay, Venezuela, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Comisión de Estudios de Postgrado, Postgrado en Agronomía. 75 p. Consultado 8 nov. 2018. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/handle/123456789/1957/browse?type=author&order=ASC&pp=20&value=Mago+Zamora%2C+Mailyn+Del+Valle>
15. Marshner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. Hohenheim, Stuttgart, Germany, Academic Press. 672 p.
16. Ming, R; Moore, P. 2014. Genetics and genomics of papaya. 8 ed. USA, Springer Science & Business Media. 438 p.
17. Navarro, G; Navarro, S. 2003. Química agrícola. Madrid, España, Mundi-Prensa. 438 p.
18. Programa Moscamed Guatemala. 2018. Área libre de la mosca del mediterráneo en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 2 feb 2018. Disponible en: http://www.moscamed-guatemala.com/area_libre.htm
19. Saborío, D.; Saénz, V.; Arauz, F; Bertsch, F. 2000. Efecto de calcio en aplicaciones precosecha y poscosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*) y la calidad de frutos de papaya (*Carica papaya* L.) Agronomía costarricense 24(2): 77-88. Consultado 7 nov 2018. Disponible en: <http://www.mercanet.cnp.go.cr/poscpapaya.htm>

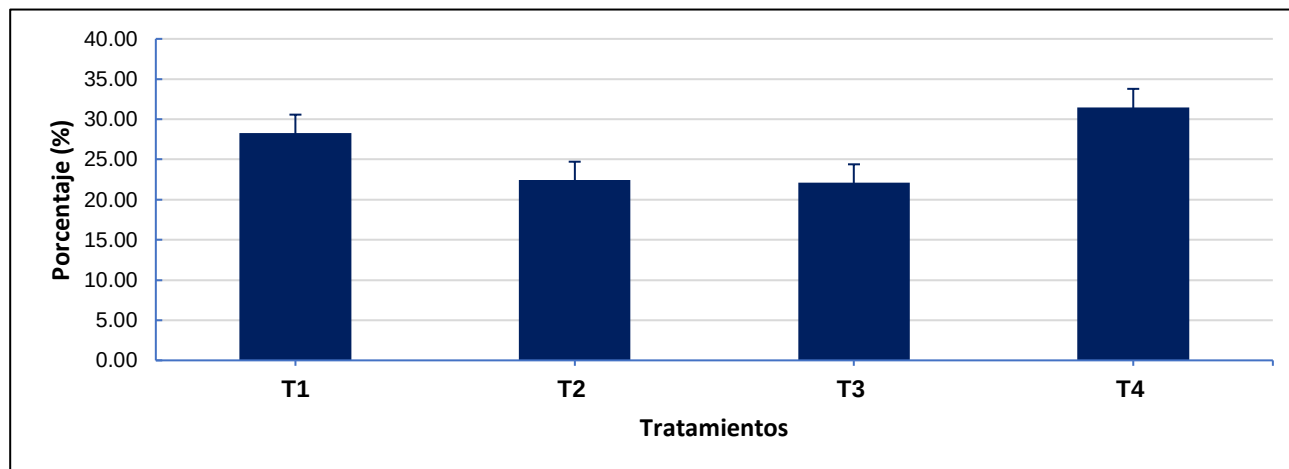
20. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
21. Taiz, L; Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. USA, Sinauer Associates. 764 p.
22. Vásquez, E; Mata, H; Ariza, R; Santamaría, F. 2010. Producción y manejo postcosecha de papaya maradol en la planicie huasteca (en línea). Tamaulipas, México. Consultado 11 de nov 2018. Disponible en: www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/855.pdf

2.11 ANEXOS



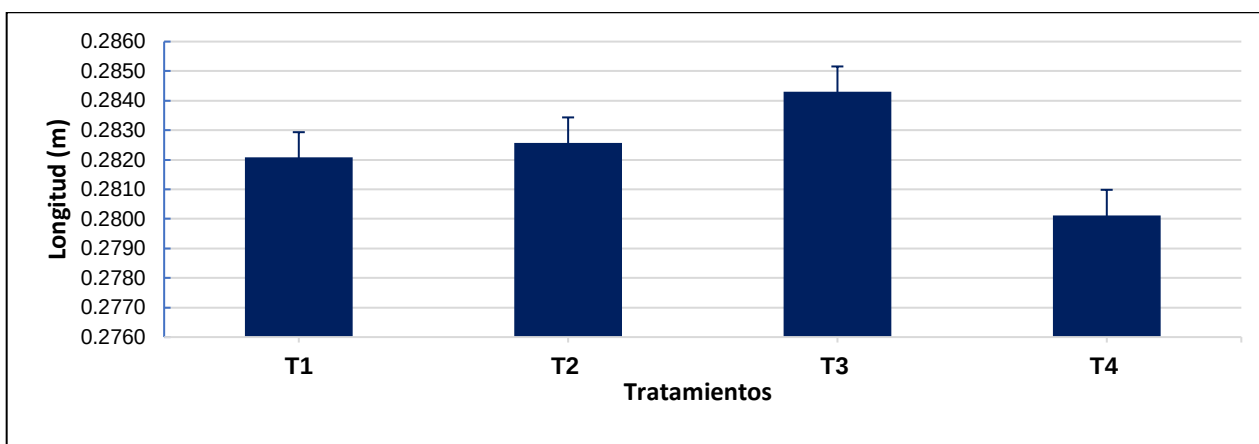
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 13A. Gráfico de barras para variable frutos promedio cuajados



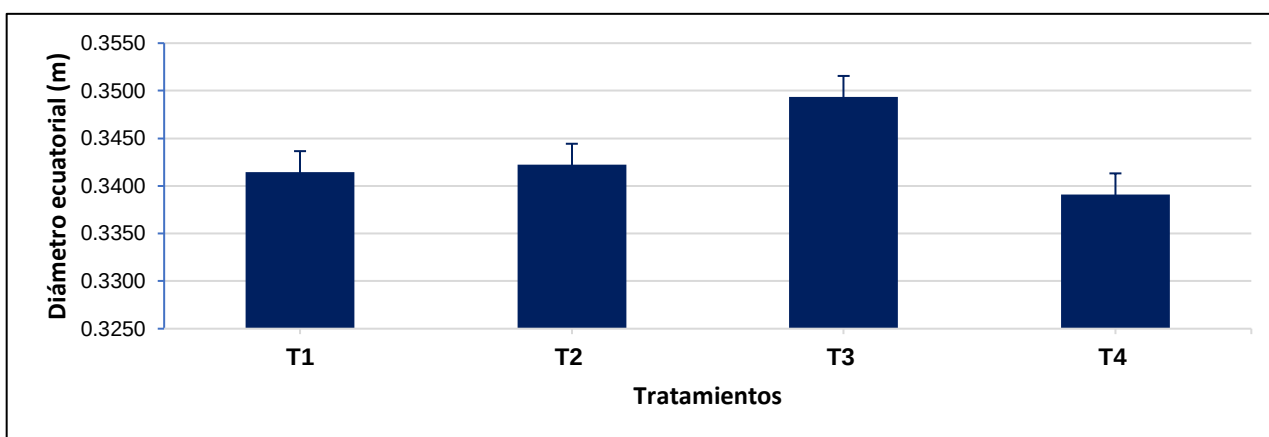
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 14A. Gráfico de barras porcentaje promedio de rechazo por tratamiento



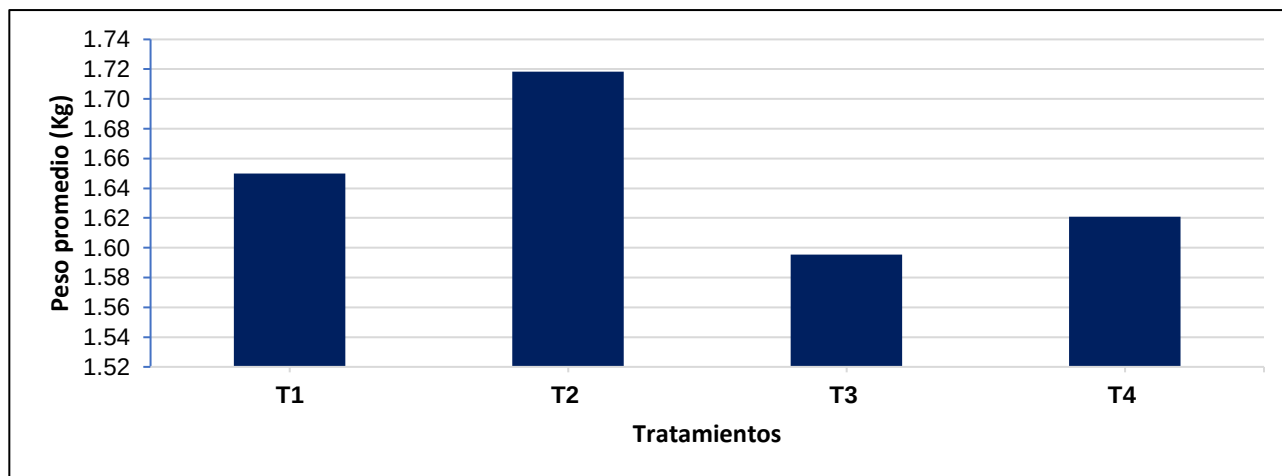
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15A. Gráfico de barras longitud promedio de frutos para los tratamientos



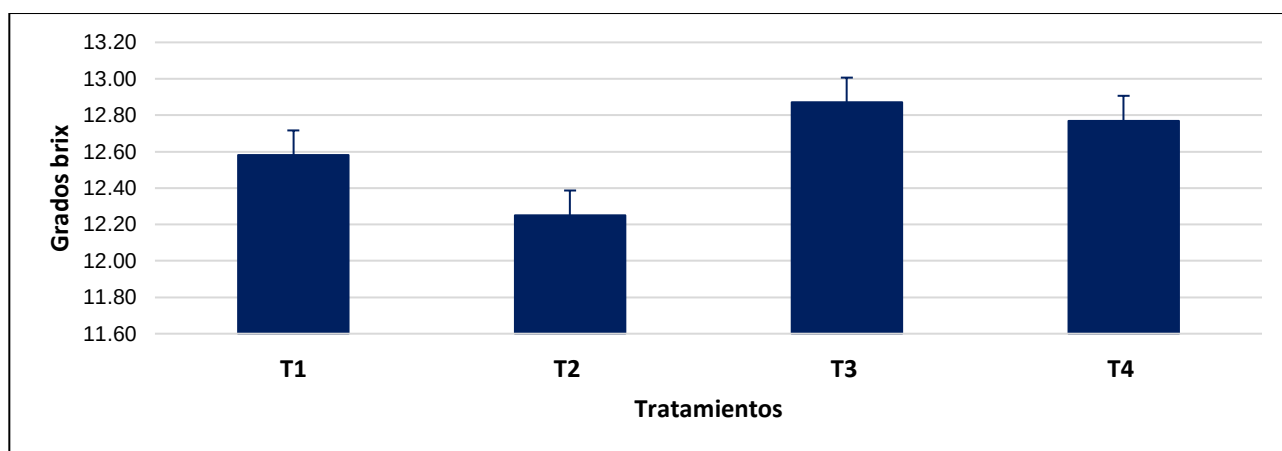
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 16A. Gráfico de barras para variable diámetro ecuatorial de fruto



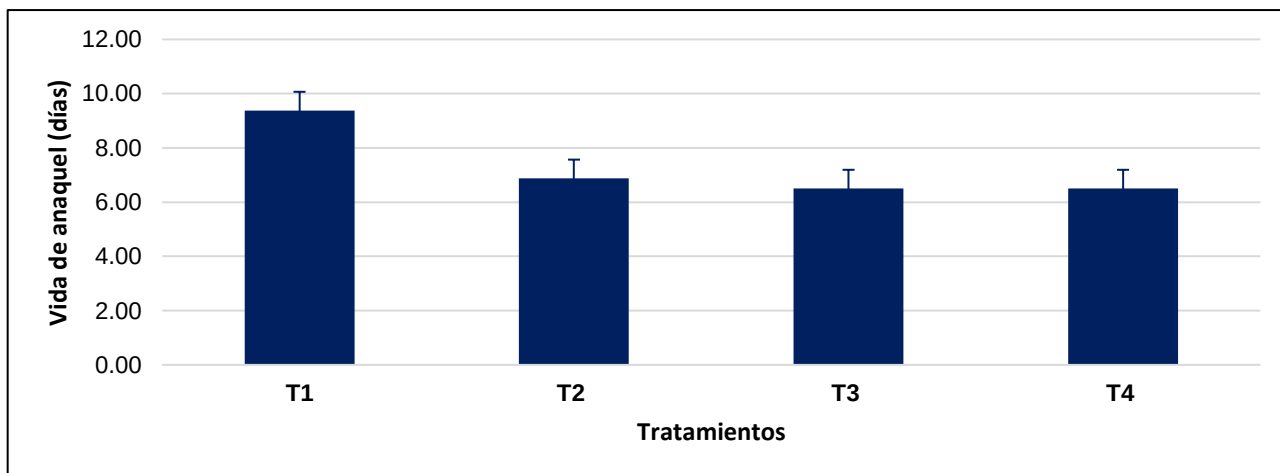
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 17A. Gráfico de barras variable peso promedio de fruto



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 18A. Gráfico de barras °Bx promedio para los tratamientos evaluados



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 19A. Gráfico de barras para promedios de vida de anaquel.

**CAPÍTULO III: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN LA EMPRESA YARA
GUATEMALA S.A. Y ANISA, LAS CRUCES, DEPARTAMENTO DE PETÉN.**

3.1 PRESENTACIÓN

La agricultura en Guatemala es sin duda la actividad económica de mayor relevancia para el país; de todos los habitantes de la nación, el 61 % vive en el área rural y la mayoría de ellos depende de actividades agropecuarias para sobrevivir. La PEA (población económicamente activa) agrícola constituye el 58.6 % del total, el 23.85 % del PIB nacional es generado por actividades agropecuarias y el 61.5 % de las ganancias por exportaciones son producidas por el sector agropecuario.

En este contexto, es importante que la agricultura evolucione y se establezca como un sistema que permita generar empleo y ganancias para el país. Una de las empresas que se ha dedicado a lograr dichos objetivos es ANISA, que se ha constituido en una de las organizaciones productoras de papaya más importantes del departamento de Petén. El éxito alcanzado por ANISA como productora de papaya se debe al manejo que se le ha dado al cultivo y al deseo de mejorar las actividades que se realizan dentro de sus diferentes fincas; en tal sentido, es importante continuar con este proceso, de manera que se puedan detectar a tiempo los problemas que puedan presentarse en el futuro y desarrollar soluciones eficaces para solventarlos.

Se detectaron, por lo tanto, cuatro situaciones dentro de la empresa, en las cuales se podía intervenir mediante acciones específicas, siendo estos la reducción en el aborto de flores, el manejo de desechos sólidos y frutos, la recolección de muestreos de suelo, planta y agua y la elaboración de un resumen de las etapas fenológicas del cultivo y sus actividades principales de manejo. En el caso de manejo de desechos sólidos, es común observar en fincas de la empresa restos de papaya entre los surcos, residuos de ramas y hojas y pilas de papaya en descomposición.

Entre los inconvenientes que provoca el inadecuado manejo de estos desechos se pueden mencionar: contaminación para el ambiente, fuente de enfermedades para los pobladores por la proliferación de moscas y otros insectos dañinos, foco de plagas y enfermedades para el cultivo, sanciones por parte de empresas certificadoras, entre otros. Por tal razón, se

implementó una abonera con los residuos de papaya de las diferentes fincas y así demostrar una estrategia de manejo de estos desechos.

Para reducir el aborto y deformación de flores, se efectuó una investigación sobre el efecto de boro, zinc y calcio aplicado a nivel foliar durante la época de floración. Se aplicaron un total de cuatro tratamientos a diferentes dosis con el objetivo de determinar si dichos elementos tienen efecto en la reducción del problema. Para el tercer servicio se realizaron muestreos de suelo, planta y agua para analizar el estado actual de dichos factores, la relación entre los mismos y como pueden influir en el manejo de la plantación, especialmente en la nutrición de la planta. Por último, se realizó un compendio de las etapas fenológicas del cultivo de papaya, sus características principales y las actividades de manejo realizadas durante cada una de dichas fases.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo General

Colaborar en las diferentes actividades técnico-agrícolas que las empresas Yara Guatemala y ANISA tienen en los cultivos de papaya (*Carica papaya* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en el municipio Las Cruces, Petén.

3.2.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar el efecto de diferentes programas foliares con boro, zinc y calcio en la floración y formación de fruto del cultivo de papaya.
2. Elaborar una abonera que permita utilizar los desechos obtenidos de la papaya para la obtención de compost de primera calidad útil como materia orgánica para la finca.
3. Recolectar muestras de suelo, planta y agua en las fincas de ANISA para elaborar planes de fertilidad con mayor precisión.
4. Identificar las fases fenológicas del cultivo de papaya para las fincas de ANISA de acuerdo a las condiciones en las que está establecida la plantación y las principales actividades de manejo durante dichas etapas.

3.3 SERVICIO 1: Efecto de diferentes dosis de boro, zinc y calcio en la formación de flores y frutos en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.)

3.3.1 Planteamiento del problema

En las plantaciones de papaya se presentan malformaciones de la flor, tales como pentandría, carpeloidía o esterilidad femenina, que provocan el aborto de flores o bien el corte de frutos durante las actividades de manejo; esto provoca bajos rendimientos y por lo consiguiente una disminución de las utilidades. Dichos problemas se presentan normalmente por cambios drásticos en la temperatura, estrés hídrico o bien, por un inadecuado plan de nutrición para la planta.

En tal sentido, se ha observado que aplicaciones foliares de calcio, así como de microelementos como el zinc y boro, son de ayuda para el cuaje del fruto y evitar la pérdida de flores en etapas tempranas de desarrollo del cultivo. Por tal razón, se pretenden evaluar diferentes programas foliares con estos elementos y determinar si tienen incidencia en el cuajado de fruto y por lo consiguiente, en el aumento de la producción.

3.3.2 Objetivos

A. Objetivo general

Determinar el efecto de diferentes dosis de boro, zinc y calcio en la malformación y aborto de flores de papaya.

B. Objetivos específicos

1. Identificar si alguna de las dosis evaluadas presenta diferencias en el cuaje de frutos, evitando pérdidas por malformación.
2. Observar si los tratamientos evaluados presentan fitotoxicidad o efectos nocivos en la planta.
3. Analizar la dinámica de los nutrientes mediante la interpretación de los resultados obtenidos de las muestras foliares de cada uno de los tratamientos.

4. Desarrollar un compendio de las etapas fenológicas del cultivo de papaya y las actividades principales de manejo durante cada fase.

3.3.3 Metodología

A. Establecimiento del experimento

La realización del experimento se llevó a cabo en la finca Tancho, de la empresa ANISA, ubicada en el municipio Las Cruces, Petén.

B. Características del material experimental

El ensayo se realizó en una plantación de papaya ya establecida en etapa de floración. La variedad de papaya que fue evaluada fue Tainung I. Los productos foliares que se utilizaron se resumen en el cuadro 38.

Cuadro 38. Productos foliares para ensayo sobre aborto floral

Producto	Formulación	Elementos	Concentración (p/v)
1	Líquido Soluble	Nitrógeno (N) Boro (B)	6.5 % 15 %
2	Líquido Soluble	Nitrógeno (N) Zinc (Zn)	1.80 % 70 %
3	Líquido Soluble	Nitrógeno (N) Boro (B) Óxido de Calcio (CaO) Zinc (Zn)	6.9% 0.3% 55.9% 3.1%

Fuente: elaboración propia, 2018.

C. Diseño experimental

Los tratamientos evaluados se distribuyeron en un diseño completamente al azar debido a que el experimento se llevó a cabo en un lote de características similares y bajo condiciones controladas, con cuatro repeticiones cada tratamiento. El modelo estadístico utilizado fue:

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

Donde:

Y_{ij} = Número de frutos cuajados de la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general de los tratamientos a evaluar.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento foliar sobre los frutos cuajados de papaya.

ε_{ij} = Error experimental asociado ij -ésima unidad experimental.

D. Tratamientos

Para la realización del experimento se evaluaron un total de cuatro tratamientos. Los primeros tratamientos se referían a dosis bajas, medias y altas de los tres elementos. El último tratamiento es únicamente a base de calcio, además de contar con un testigo absoluto. Para la aplicación de estos en cada unidad experimental se utilizó una bomba motorizada tipo Maruyama de 25 L, a una presión de 400 psi y para cada aplicación se realizó la calibración respectiva, tomando como referencia el número de plantas por hectárea. Los tratamientos que se aplicarán se resumen en el cuadro 39.

Tratamiento	Dosis del producto (L/ha)	Dosis elemento (L/ha)	Dosis (ppm)*
1	B 0.35	B 0.0525	75
	Zn 0.5	Zn 0.35	500
	Ca 0.5	Ca 0.20	285
2	B 0.5	B 0.075	107
	Zn 0.75	Zn 0.525	750
	Ca 1	Ca 0.4	571
3	B 0.75	B 0.1125	161
	Zn 1	Zn 0.7	1000
	Ca 1.5	Ca 0.6	857
4	Ca 1	Ca 0.4	571

Cuadro 39. Tratamientos para la investigación

Fuente: elaboración propia, 2018.

*Con un volumen de 700 L/Ha, utilizando una bomba motorizada tipo Maruyama

En el cuadro 39 se presenta la cantidad de producto que se aplicó mensualmente, así como la cantidad correspondiente a cada elemento. Se realizaron un total de 6 aplicaciones con un intervalo de 15 días desde el inicio de la floración hasta el cuaje de frutos. Cada aplicación con el 50 % de la dosis para aplicar, de manera que en un mes se aplicara la dosis completa.

E. Descripción de la unidad experimental

El experimento se llevó a cabo en la finca Tancho, de la empresa ANISA en una parcela de 2,280 m² aproximadamente (15.2 m de ancho y 150 m de longitud), dividida en cinco surcos. En cada unidad experimental se tuvo un total de 25 plantas hermafroditas de papaya que se encontraban en un área de 37.5 m de longitud por 3.8 m de ancho, es decir 142.5 m². En total se utilizaron 5 unidades experimentales, para un total de 500 plantas de papaya por todo el experimento.

F. Croquis de campo

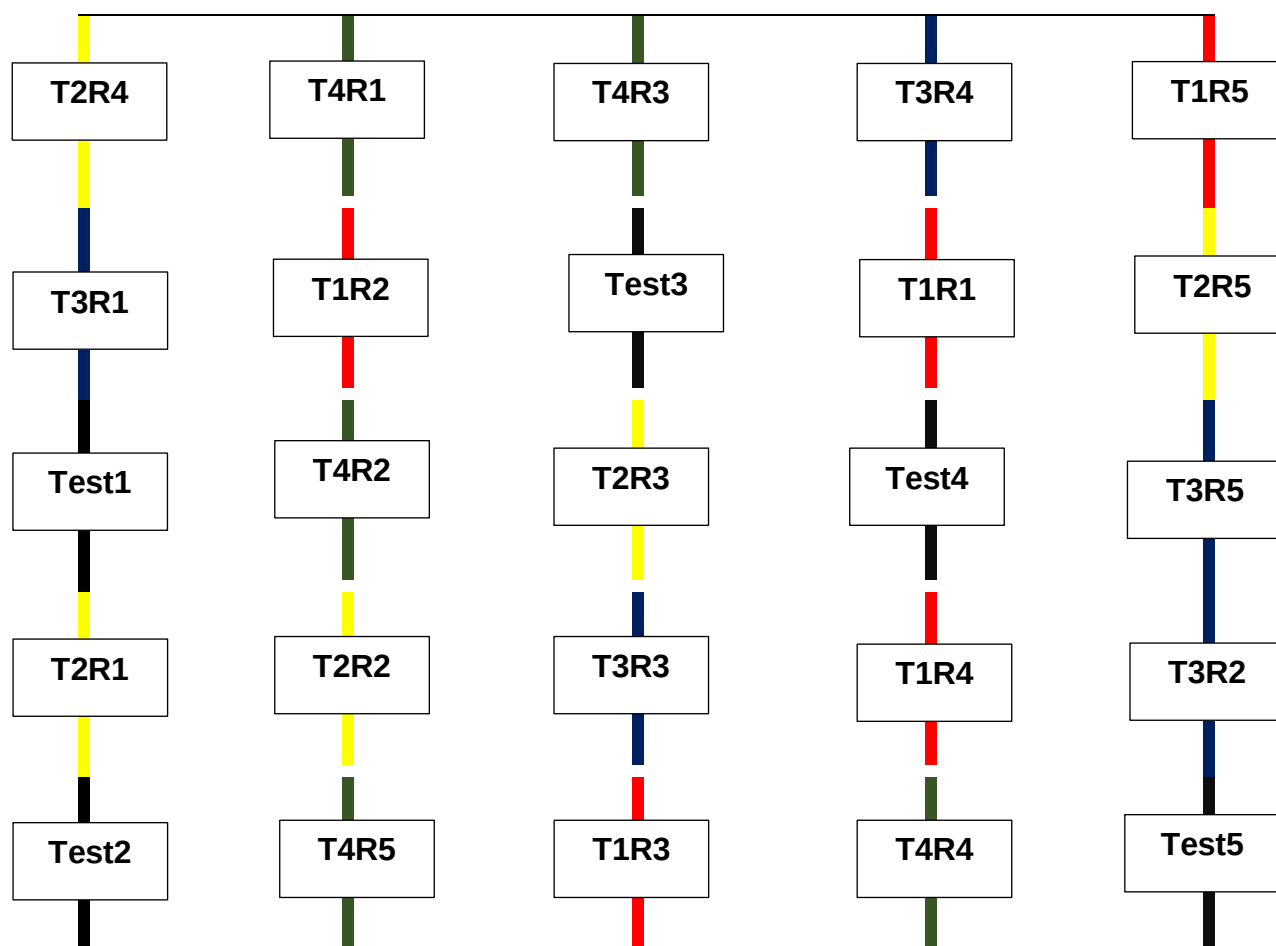
Para cada unidad experimental se contó con 25 plantas de papaya en forma linear con 1.5 m de distancia entre plantas aproximadamente. La distancia entre surcos fue utilizada como margen entre tratamientos. Los tratamientos fueron aleatorizados previamente con una calculadora. El croquis de campo se muestra en la figura 20.

G. Manejo del experimento

El manejo del experimento se realizó por parte de la empresa ANISA con base al manejo descrito anteriormente en este documento en cuanto al manejo del suelo, fertilización, plagas, enfermedades, entre otros.

H. Análisis foliar de nutrimentos

Se realizó un análisis foliar de nutrimentos al momento de finalizar el ensayo para conocer la dinámica de los nutrientes dentro de la planta. Para el análisis se tomó una muestra foliar de cada tratamiento; para ello se seleccionó la séptima u octava hoja fisiológicamente activa y posteriormente se cortó el peciolo de la hoja con la ayuda de una navaja previamente desinfectada. Se obtuvo cerca de 0.5 kg de material vegetal, se desinfectó con agua destilada y se mandó al Laboratorio ANALAB para su análisis.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 20. Croquis de los tratamientos

I. Variables respuesta

- **Número de frutos cuajados.** Se contabilizó el total de frutos cuajados por cada unidad experimental que no presentarán malformaciones o diferencias de tamaño previo a la cosecha.
- **Análisis foliar de nutrimentos.** Se realizó un análisis foliar para cada tratamiento y se analizaron las relaciones entre elementos, así como los niveles críticos de los elementos evaluados.

J. Análisis de la información

- **Recolección de datos.** La variable respuesta se tabuló en una hoja de Excel de acuerdo con el número de frutos por cada unidad experimental. Dichos datos se sometieron a un análisis estadístico de varianza.
- **Análisis de varianza.** Para la realización del análisis de varianza se utilizó el software estadístico Infostat y en posteriormente un análisis de comparación múltiple de medias de Tukey.
- **Interpretación de análisis foliar:** Los resultados obtenidos para cada tratamiento se compararon con los niveles críticos o rangos de suficiencia para papaya. Además, se calcularon las principales relaciones entre los elementos para identificar estados de fertilidad e interacciones entre los elementos. Las relaciones calculadas fueron $K + Ca + Mg$, K/Mg , N/K , Ca/K , N/P , K/P , Ca/Mg y $K/Ca + Mg$. Para cada una de estas relaciones se utilizaron los niveles críticos para papaya.

3.3.4 Resultados

Los resultados obtenidos del conteo preliminar de frutos cuajados se presentan a continuación en el cuadro 40.

Cuadro 40. Promedio de frutos cuajados por tratamiento

Tratamiento	Repetición			
	1	2	3	4
T1	12	14	14	14
T2	19	18	18	16
T3	18	17	16	17
T4	17	17	16	17
Testigo	14	13	13	14

Los resultados de dicho cuadro se observan en la siguiente 21.

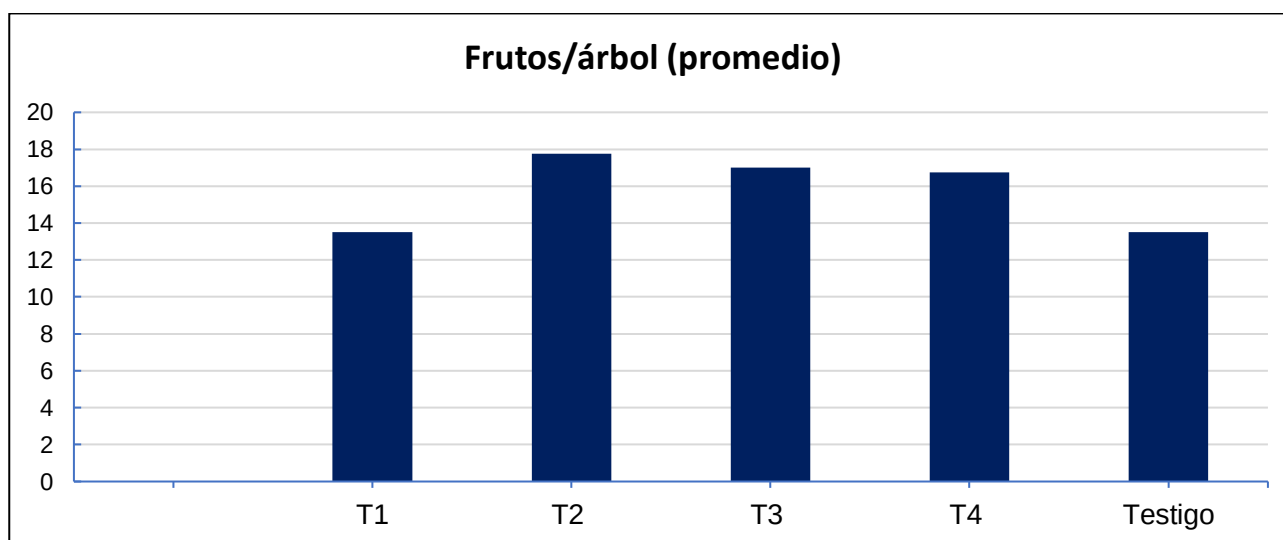


Figura 21. Frutos promedio por árbol de papaya

Como se puede observar los tratamientos con los mejores resultados fueron el tratamiento con dosis media y dosis alta, obteniendo un promedio de 18 y 17 frutos por árbol. Sin embargo, se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias entre los tratamientos y posteriormente un análisis de Tukey. Los resultados obtenidos para el análisis de varianza se presentan en el cuadro 41.

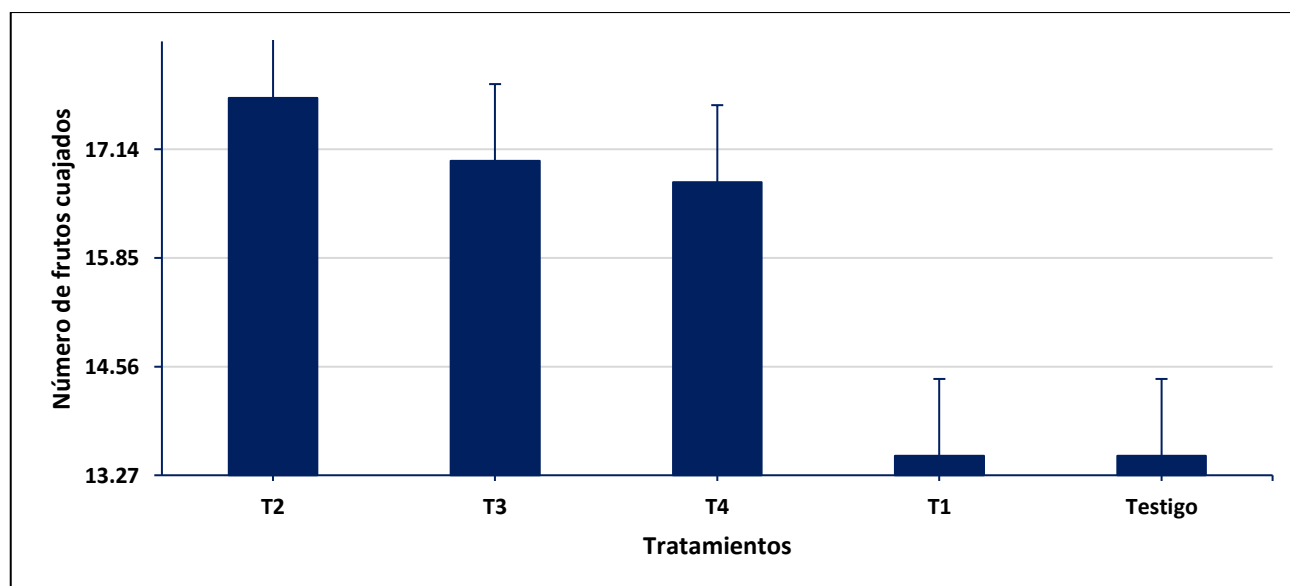
Cuadro 41. Resultados del análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV	
Frutos/árbol	20	0.85	0.81	5.58	
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	66.70	4	16.68	21.75	<0.0001
Tratamiento	66.70	4	16.68	21.75	<0.0001
Error	11.50	15	0.77		
Total	78.2	19			

Los resultados del análisis de varianza efectuados demuestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo tanto procede una prueba múltiple de medias. Los resultados del análisis múltiple de medias se sintetizan en el cuadro 42 y en la figura 22.

Cuadro 42. Resultados del análisis de Tukey

Tratamiento	Medias	N	E.E.	Clasificación
T2	17.75	4	0.44	A
T3	17.00	4	0.44	A
T4	16.75	4	0.44	A
T1	13.50	4	0.44	B
Testigo	13.50	4	0.44	B

**Figura 22. Resultados del análisis de Tukey**

Esto refleja que los tratamientos T2, T3 y T4 presentan diferencias significativas en relación con el tratamiento de dosis baja y testigo, por lo que, la aplicación foliar de dosis de B, Zn y Ca es importante para mejorar el rendimiento de papaya en la finca y reducir las pérdidas por malformación y aborto floral, con base a las condiciones del lugar. El T2 podría considerarse como el mejor tratamiento mostrando un mayor número de frutos cuajados respecto a los demás tratamientos, sin embargo, T3 y T4, se encuentran en una posición similar por lo que se podría implementar cualquiera de los tres en el programa de nutrición de la finca.

Al respecto, García (2010) refiere que aplicaciones de calcio y boro son de mucha importancia para disminuir problemas con la malformación de frutos y evitar pérdidas postcosecha, esto se refleja de igual manera en los resultados obtenidos, en donde se observa que los tratamientos aplicados tuvieron significancia en el total de frutos cuajados.

De la misma manera, Jiménez (2002) afirma que es normal encontrar deficiencias de calcio, boro y zinc en las plantaciones de papaya. En el caso del calcio, las hojas forman pocos lóbulos, las hojas se vuelven amarillentas y es común observar mayor incidencia de enfermedades. El boro, por su parte, presenta escurrimiento de látex y frutos deformes; y el zinc, muestra reducción en la elongación del tallo y entrenudos cortos que repercuten en la formación de frutos. Dichos problemas no se observaron en el desarrollo del ensayo por lo que la aplicación de estos elementos logró frenar estas deficiencias en el cultivo.

Vásquez *et. al.* (2010) explica que, dentro de los desórdenes fisiológicos por deficiencias minerales, el calcio y el boro juegan un papel muy importante reduciendo la malformación de órganos, la presencia de grietas o cavidades y produciendo frutos mucho más uniformes. Como se observa en los resultados, las aplicaciones conjuntas de estos elementos han sido determinantes para formar frutos con mayor uniformidad, evitando la presencia de malformaciones. Vásquez *et. al.* (2010) también menciona que el efecto de dichos elementos juntamente con el zinc, hierro y manganeso contribuye a un mayor diámetro de tallo, altura de planta y número de frutos por planta.

Esta última variable, mostró diferencias como se muestra anteriormente y demuestra que las aplicaciones foliares de dichos elementos son de importancia para alcanzar mayores rendimientos en las plantaciones de papaya. De la misma manera, en el cuadro 43 se estimó el número de cajas promedio para cada tratamiento.

Cuadro 43. Número estimado de cajas por hectárea

Tratamiento	Frutos/árbol	Frutos/ha (1400 plantas)	# de cajas por calibre/ha*		
			9	12	14
T2	17.75	24850	2761	2071	1775
T3	17.00	23800	2644	1983	1700
T4	16.75	23450	2606	1954	1675
T1	13.50	18900	2100	1575	1350
Testigo	13.50	18900	2100	1575	1350

*El número de cajas dependerá del diámetro ecuatorial de frutos cosechados, el cual varía entre calibres 9, 12 y 14.

Los resultados obtenidos del análisis de nutrientes a nivel foliar se presentan en el cuadro 44.

Cuadro 44. Resultados de análisis foliar para los diferentes tratamientos

Tratamiento	Resultados										
	%						Ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	1.01-2.50	0.22-0.40	3.3-5.5	1.0-3.0	0.4-1.2	0.1-0.5	20-30	4-10.0	25-100	20-150	15-40
T1	0.71	0.1	1.29	1.42	0.35	0.24	24.13	1.24	21.25	38.58	30.64
T2	0.74	0.12	1.5	1.14	0.33	0.21	24.18	1.73	16.54	33.04	27.18
T3	0.76	0.1	1.31	1.31	0.42	0.23	23.55	1.56	18.13	37.11	48.43
T4	0.76	0.15	1.66	1.17	0.38	0.2	25.26	1.93	19.36	34.05	10.38
Testigo	0.75	0.11	1.4	1.48	0.33	0.2	24.59	2.02	17.4	36.58	5.95

*El color rojo representa un nivel bajo, el negro un nivel adecuado y el azul, nivel alto.

Según se observa en el cuadro 44, los niveles foliares de los macroelementos N, P y K, se encuentran por debajo del nivel crítico, por lo que es necesario analizar el programa de nutrición utilizado actualmente en la finca e incluir dichos elementos en la planificación mensual. Es importante tomar en cuenta dichos resultados para prevenir posibles deficiencias en las plantas y evitar problemas en un futuro. En cuanto a los restantes elementos, se debe presta atención al Cu y Fe.

Según Vásquez *et. al.* (2010), es importante la aplicación de estos elementos pues según investigaciones previas se ha demostrado que dichos elementos influyen en la altura y ramificación de plantas, el diámetro de tallo, número de hojas, número de frutos por planta, peso de frutos y rendimiento unitario. Estos microelementos, por lo general, son aplicados mediante quelatos como EDTA, DTPA, entre otros. Por su parte, el nivel foliar de los elementos evaluados (Ca, B y Zn) durante el ensayo se presenta en las figuras 23 y 24.

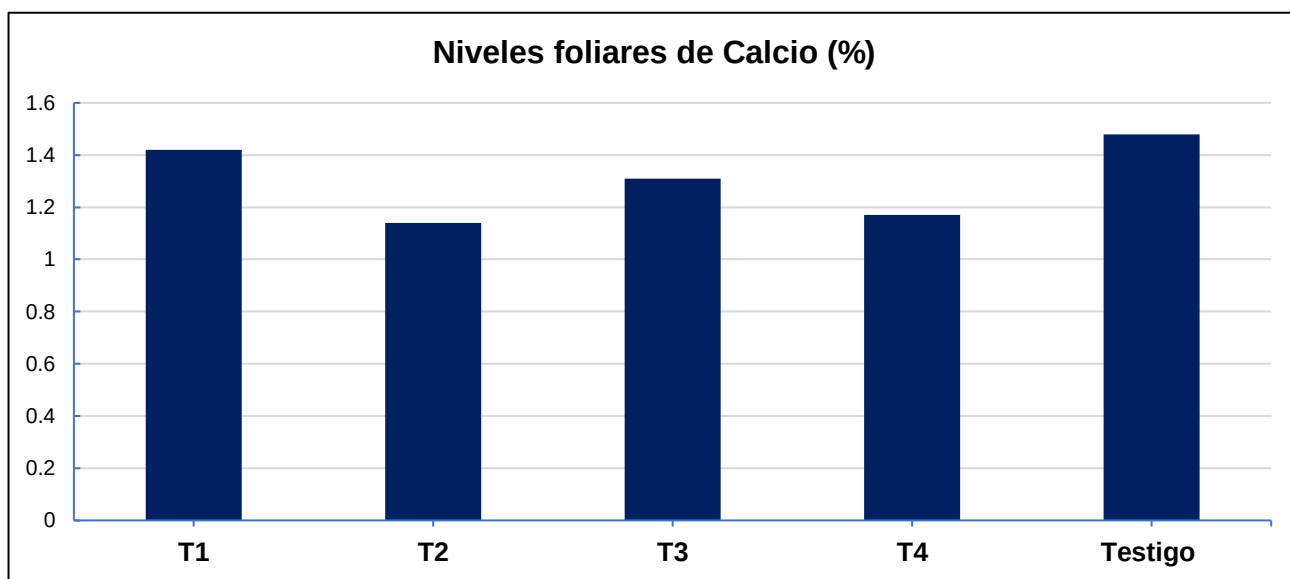


Figura 23. Niveles de calcio a nivel foliar

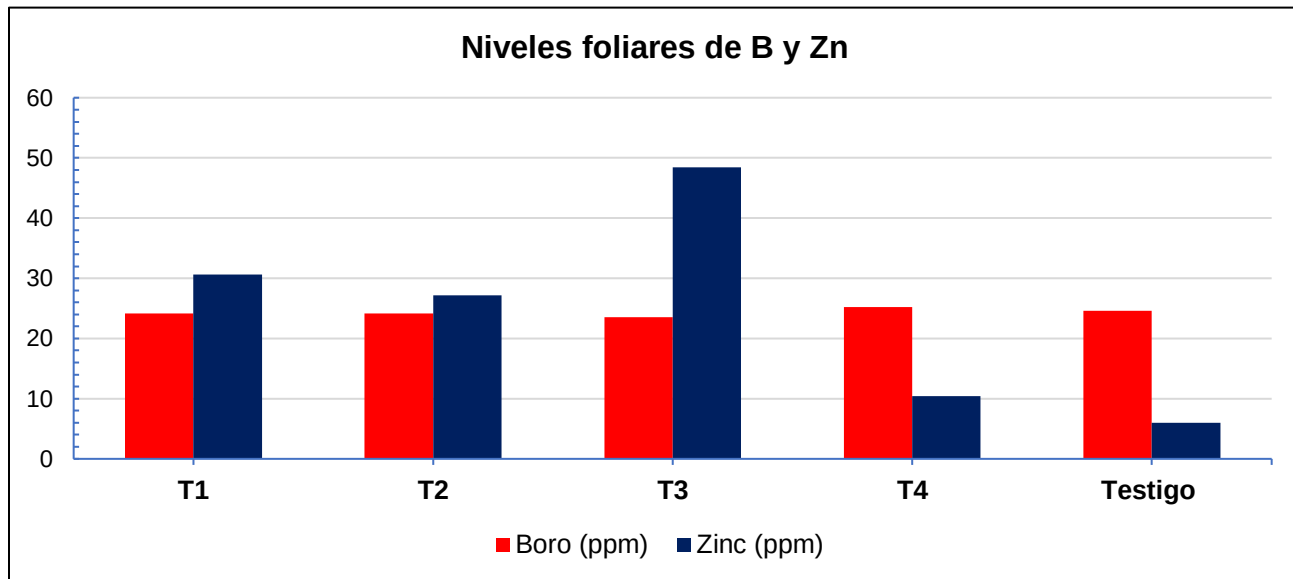


Figura 24. Niveles de boro y zinc a nivel foliar

Se puede observar en la figura 24 que los niveles de calcio se mantienen constantes para todos los tratamientos, y que todos se mantienen dentro del rango de 1 % a 3 % que es el rango adecuado para el peciolo de la hoja de papaya. En cuanto al boro, los tratamientos dos y cuatro presentan un nivel mayor respecto a los demás tratamientos; sin embargo, todos se encuentran dentro del nivel adecuado para dicho elemento. Por último, el zinc presentó una mayor concentración en el tratamiento tres respecto a los otros, mientras que el testigo se encuentra por debajo del nivel crítico, demostrando la importancia de las aplicaciones foliares de este elemento.

Los resultados obtenidos del zinc demuestran que existe una respuesta a la aplicación y que el nivel foliar del tratamiento testigo, que se encuentra por debajo del nivel crítico, puede deberse a un bajo contenido de este elemento en el suelo, poca disponibilidad, por lo que las aplicaciones han ayudado a corregir dicho desbalance (Aldana 2011).

De la misma manera, se analizaron las relaciones entre los elementos, las cuales se presentan en el cuadro 45.

Cuadro 45. Relaciones entre los diferentes elementos a nivel foliar

Tratamiento	K+Ca+Mg	K/Mg	N/K	Ca/K	N/P	K/P	Ca/Mg	K/Ca+Mg
	2-3.5	2-5.0	2-4.0	2-5	14-20	5-8	<10	0.2-0.3
T1	3.06	3.69	0.55	1.10	7.10	12.90	4.06	0.73
T2	2.97	4.55	0.49	0.76	6.17	12.50	3.45	1.02
T3	3.04	3.12	0.58	1.00	7.60	13.10	3.12	0.76
T4	3.21	4.37	0.46	0.70	5.07	11.07	3.08	1.07
Testigo	3.21	4.24	0.54	1.06	6.82	12.73	4.48	0.77

La relación K + Ca + Mg es un parámetro para determinar la nutrición general del cultivo, lo que demuestra que, en condiciones generales el programa de nutrición para todos los tratamientos es adecuado (Gutiérrez, 2007). Las siguientes relaciones, por su parte, denotan fenómenos de antagonismo entre los elementos. Se puede observar que las relaciones entre nitrógeno y los macronutrientes restantes, fósforo y potasio, se encuentra debajo del nivel adecuado, posiblemente por los bajos niveles de dichos elementos en el peciolo (Jaramillo, 2002).

Por su parte, se observa en la relación Ca/K, que los niveles de potasio no son los adecuados en la planta por lo que se esperaría una respuesta a la aplicación de dicho elemento. La relación Ca/Mg refleja que ambos elementos se manejan dentro de los rangos de suficiencia adecuados mientras que la última relación, K/ Ca+ Mg, demuestra nuevamente la importancia de mejorar los niveles de Potasio.

Las relaciones que involucran con calcio (a excepción de la relación con K), muestran que dicho elemento fue absorbido adecuadamente por la planta y que las aplicaciones foliares realizadas tuvieron los resultados esperados. Es importante, sin embargo, chequear los niveles de K y manejar una mejor relación entre ambos elementos de cara a las siguientes producciones.

3.3.5 Conclusiones

1. El tratamiento 2, conformado por una dosis media de los tres elementos, presentó un promedio mayor de frutos cuajados respecto a los otros tratamientos.
2. Los tratamientos evaluados no presentaron efectos nocivos en la planta.
3. Los niveles de Ca, B y Zn evaluados en los tratamientos se encuentran dentro de los rangos de suficiencia adecuados.

3.3.6 Evaluación

Se asperjaron un total de 400 plantas hermafroditas de papaya desde el inicio de floración hasta cosecha en un total de 6 aplicaciones. En algunos casos se obtuvo un número mayor de frutos dependiendo del tratamiento evaluado identificando el mismo mediante el análisis de varianza mostrado anteriormente. Los resultados obtenidos fueron resumidos en un reporte que fue entregado a la empresa Yara Guatemala S.A. y a la empresa ANISA.

3.3.7 Recomendaciones

1. Es importante realizar las calibraciones respectivas antes de aplicar los productos foliares debido al acelerado crecimiento del cultivo de papaya y la necesidad de aplicar mayores cantidades de agua conforme va aumentando su altura.
2. Es importante monitorear la plantación después de las aplicaciones realizadas para evitar problemas de fitotoxicidad.
3. El experimento debe realizarse a mayor escala con la maquinaria utilizada en la finca de manera que se pueden obtener aún mejores resultados en cuanto a la eficiencia de las aplicaciones.

3.4 SERVICIO 2: Elaboración de una abonera con residuos de papaya en la finca Gratitude, en la empresa ANISA.

3.4.1 Presentación

La papaya es un cultivo que requiere cumplir con ciertas características antes de salir al mercado: adecuado tamaño, forma de fruto alargada, sin malformaciones, sin daño biológico o mecánico, adecuada firmeza y consistencia, dulzura, entre otros. Si el fruto de papaya presenta algunos defectos, es rechazado, ya sea en etapa de producción o bien durante el empaque.

De tal manera, los frutos de papaya que son cortados del árbol, los que se caen y los que son desechados de la empacadora se recolectan y posteriormente se amontonan en una de las fincas de la empresa. Esto representa un problema pues al momento que la papaya entra en estado de descomposición, provoca mal olor, es una fuente de enfermedades para el ser humano, un foco de plagas y enfermedades para cultivos aledaños y representa un daño para el ambiente. En este sentido, se pretende demostrar que dichos desechos pueden ser de utilidad para la elaboración de aboneras orgánicas, que permitirían manejar adecuadamente los desechos y al mismo tiempo servir como una fuente de materia orgánica para el manejo del suelo en las fincas de la empresa.

3.4.2 Objetivos

A. General

Elaborar una abonera para la obtención de compost que pueda ser utilizado como estrategia para el manejo de desechos de papaya en las fincas de ANISA.

B. Específicos

1. Obtener abono orgánico con desechos de papaya que pueda servir como complemento a las aplicaciones de enmiendas orgánicas en las fincas papayeras.
2. Proponer a los propietarios de la empresa una estrategia sencilla y útil para el manejo de desechos sólidos.

3. Contribuir a una agricultura sostenible mediante el correcto manejo de desechos sólidos producidos en las fincas papayeras.

3.4.3 Metodología

A. Materiales

- Papayas en descomposición
- Gramíneas
- Restos de hojas de papaya
- Suelo
- Agua
- Bomba de mochila Matabi de 16 L
- Azadón y palas
- Lona de costales
- Tubos PVC con agujeros

B. Establecimiento del experimento

El experimento se llevó a cabo en la finca Gratitude II, cerca del lugar en donde es colocada toda la papaya proveniente de desecho.

C. Selección del lugar

Para la elaboración de la abonera se midió un área de 9 m² y se limpió de malezas. Posteriormente se colocaron estacas en cada una de las esquinas y se rotuló.

D. Obtención de materiales

Para la elaboración de abonera se recolectaron papayas en estado de descomposición, hojas de papaya desechadas, gramíneas de lugares cercanos y suelo.

E. Elaboración de la abonera

La abonera se realizó en forma de capas. La primera capa estuvo conformada por suelo de la finca, la segunda capa por las gramíneas, la tercera capa por las papayas en

descomposición y la última por las hojas de papaya picadas con la ayuda del machete. Después de cada capa se agregó agua con una bomba Matabi de 16 L y se fueron sucediendo las capas hasta que se agotó el material. Por último, la abonera fue cubierta con una lona elaborada con costales para evitar el daño directo con la lluvia y evitar la salida de gases. Finalmente, se colocaron los tubos PVC a cada 0.5 m recordando que el proceso es aeróbico y debe existir entrada de aire.

F. Manejo de la abonera

Se realizó el proceso de volteo de la abonera cada 7 días con el objetivo de liberar gases, producto de la descomposición, y agregar oxígeno al sistema. Para la aireación se acarreo una parte de la misma con la ayuda del azadón y fue removida, de manera que se le dio movimiento a toda la abonera. En casos cuando el material se encontraba muy seco, se agregó agua para mantener la humedad adecuada. Por último, se volvieron a colocar los tubos y se cubrió nuevamente la abonera.

G. Temperatura y riego de la abonera

Para determinar si la abonera funcionaba adecuadamente, fue necesario comprobar la temperatura y humedad de la misma. Para ello, previo a la etapa de volteo, se introducía un machete en la misma durante 5 minutos, esperando las siguientes posibilidades:

- Si el machete se encontraba caliente y húmedo, la temperatura y humedad eran correctas, la abonera estaba trabajando adecuadamente y por lo tanto solo era necesario realizar el proceso de volteo.
- Si el machete estaba caliente y seco, la abonera tenía una humedad inadecuada, por lo tanto, era necesario agregar agua suficiente y realizar el volteo correspondiente.
- Si el machete se encontraba frío, la humedad era inadecuada, por lo tanto, sería necesario realizar otra abonera.

H. Recolección del compost

Después de transcurridos 60 a 70 días se colocó el compost obtenido en costales y se entregó a los responsables de la finca. Con la ayuda de empleados de la finca se aplicó el abono obtenido en la finca aledaña al experimento.

3.4.4 Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en las figuras 25 a 28.



Figura 25. Pila de desechos provenientes de las fincas



Figura 26. Colocación de materiales para abonera



Figura 27. Materiales utilizados para la abonera



Figura 28. Abonera en etapa de descomposición

Las figuras muestran el proceso de elaboración de la abonera. Se puede observar todo el desperdicio obtenido de las diferentes fincas y el problema que representa para el ambiente y la inocuidad de las fincas aledañas. Las otras imágenes muestran el desarrollo de la abonera hasta la obtención final del abono.

3.4.5 Conclusiones

1. Se obtuvo un total de 10 sacos de abono orgánico con desechos de papaya que fueron aplicados como complemento a las enmiendas orgánicas utilizadas en las fincas de papaya.
2. Se entregó a los propietarios de la empresa un manual con la metodología para la elaboración de la abonera y que pueda utilizarla como estrategia para el futuro.
3. La elaboración de aboneras es una excelente estrategia para el manejo de desechos sólidos producidos en las fincas de papaya, evitando así problemas de contaminación o posibles sanciones por parte de la empresa certificadora PIPPA.

3.4.6 Evaluación

Se obtuvieron alrededor de 10 sacos de materia orgánica la cual fue entregada al administrador de las fincas de ANISA, Ing. Agr. Obdulio Galicia y que posteriormente fue aplicada dentro de las fincas papayeras. De la misma manera se hizo entrega de la metodología empleada para que pueda ser aplicada en el futuro por responsables de la empresa.

3.4.7 Recomendaciones

1. El abono orgánico obtenido de los residuos de papaya debe ser utilizado como un complemento de las aplicaciones de materia orgánica realizadas en la finca y no como un sustituto.
2. Es importante monitorear el estado de la abonera semanalmente para evitar que el proceso de descomposición se realice de manera inadecuada y no se obtengan los resultados esperados.

3.5 SERVICIO 3: Recolección de muestreos de suelo, planta y agua.

3.5.1 Planteamiento del problema

La papaya es un cultivo que requiere planes de nutrición precisos que permitan realizar aplicaciones adecuadas para cumplir con los requerimientos nutricionales de la planta. Un plan inadecuado puede ocasionar bajos rendimientos y baja calidad de fruta. Por tal razón, es necesario conocer adecuadamente la relación suelo-planta-agua y para ello existen herramientas que permiten conocer el estado de dichos factores.

Estas herramientas son los análisis de suelo, foliar y de agua respectivamente y sirven de guía para tomar decisiones en un cultivo específico. Para contar con análisis confiables, es necesario realizar muestreos adecuados, por lo que se colaboró con la empresa ANISA en la obtención de dichas muestras, capacitación a otros empleados para la recolección de las muestras y su análisis posterior.

3.5.2 Objetivos

A. Objetivo General

Recolectar muestras de suelo, planta y agua en las fincas de ANISA para elaborar planes de fertilidad con mayor precisión.

B. Objetivos específicos

1. Obtener muestreos de suelo de las principales fincas de la empresa.
2. Recolectar muestras foliares para conocer el estado nutricional de las plantas de papaya en las diferentes fincas de la empresa.
3. Obtener muestras de agua de los pozos subterráneos de la empresa.

3.5.3 Metodología

A. Muestreo de suelo

- **Selección de áreas:** los análisis fueron recogidos de tres fincas: finca El Tintal, finca Tancho y finca El Pilar. Cada una de estas zonas se analizó y se obtuvieron muestras de acuerdo con el tipo de suelo, etapa fenológica de la planta y condiciones similares de topografía.
- **Tipo de muestreo:** se realizó el tipo de muestreo de cuadrícula, obteniendo un total de 25 submuestras para cada muestreo realizado.
- **Recolección de la muestra:** para la recolección de la muestra se limpió el área del terreno en donde se obtuvo la submuestra. Posteriormente, con la ayuda de una piocha, se cavó a una profundidad de 0.25 m, de acuerdo con la profundidad radicular del cultivo. Cada submuestra obtenida fue colocada en una cubeta limpia y desinfectada previamente.
- **Homogenización y obtención de la muestra:** después de obtener las 25 submuestras y colocarlas en la cubeta, se procedió a agitarla de manera que se homogenizara la muestra. Posteriormente se eliminaron raíces, piedras y terrones y se obtuvo aproximadamente 1 kg de suelo.
- **Identificación de la muestra:** para la identificación de la muestra se colocaron los datos siguientes: nombre del propietario, nombre de la finca, superficie que representa, cultivo, etapa fenológica del cultivo, profundidad del muestreo, número de muestreo, procedencia y fecha.

B. Muestreo foliar

- **Selección de área:** Al igual que en el caso del muestreo de suelo, los muestreos foliares fueron realizados en las fincas: El Tintal, Tancho y El Pilar, bajo los mismos criterios.
- **Tipo de muestreo:** Se realizó el tipo de muestreo de cuadrícula, obteniendo un total de 25 submuestras para cada muestreo realizado.

- **Muestreo:** Para la realización del muestreo se tomaron un total de 25 plantas. De cada planta se obtuvo la séptima u octava hoja activa fisiológicamente. Para cortar las hojas se utilizó una navaja desinfectada con alcohol y se procedió a cortar cuatro porciones del peciolo de la hoja, que es la parte que es utilizada para el análisis. Los peciolos obtenidos fueron colocados en una bolsa de plástico. Posteriormente se agitó la bolsa y se obtuvo un total de 0.5 kg de muestra.
- **Identificación de la muestra:** para la identificación de la muestra se colocaron los datos siguientes: nombre del propietario, nombre de la finca, superficie que representa, cultivo, etapa fenológica del cultivo, profundidad del muestreo, número de muestreo, procedencia y fecha.

C. Muestreo de agua

- **Selección de pozos:** la muestra de agua fue obtenida de los pozos ubicados en la finca El Tintal y finca Tancho.
- **Obtención de la muestra:** para la obtención de la muestra se utilizó un recipiente de 1 L de agua pura. Este recipiente fue lavado tres veces con el agua del pozo y posteriormente se obtuvo 1 L de muestra del pozo. Es importante que la muestra no pase más de tres días antes de ser analizada.
- **Identificación de la muestra:** para la identificación de la muestra se colocaron los datos siguientes: nombre del propietario, nombre de la finca, cultivo, procedencia y fecha.

3.5.4 Resultados

Los muestreos obtenidos se muestran en las figuras 29, 30 y 31.

- FINCA TANCHO

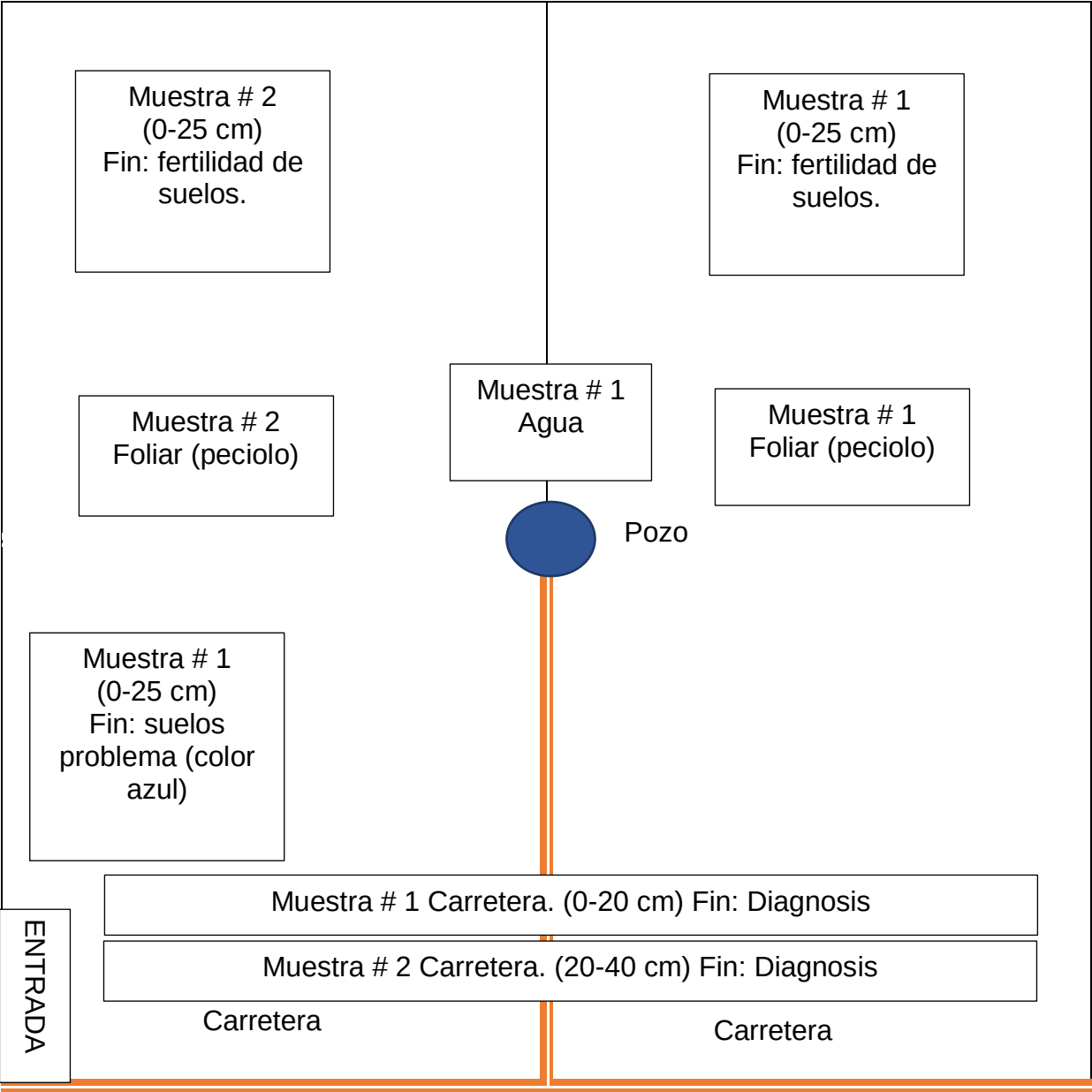


Figura 29. Croquis para muestreos de suelo, foliares y de agua en finca Tancho

- **FINCA EL PILAR**

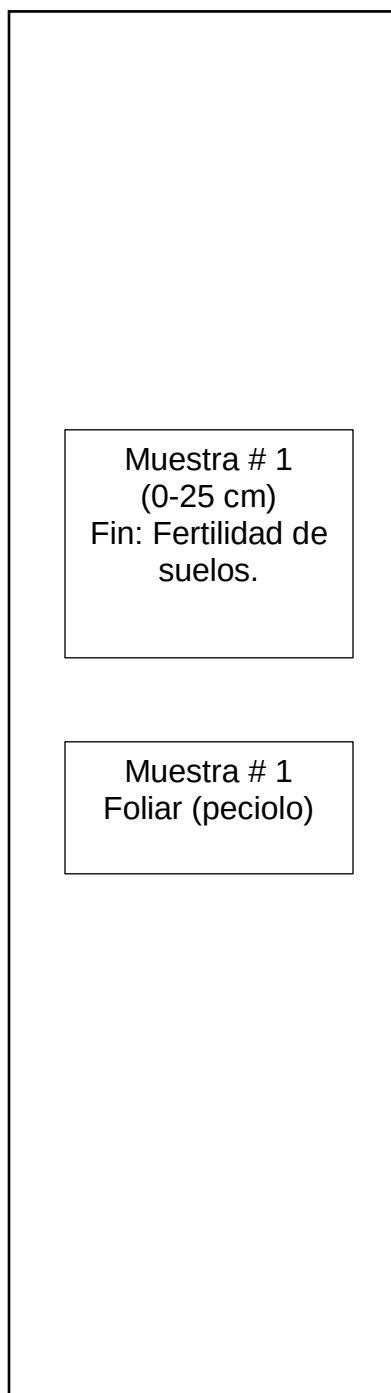


Figura 30. Croquis para recolección de muestras, finca El Pilar

- FINCA TINTAL

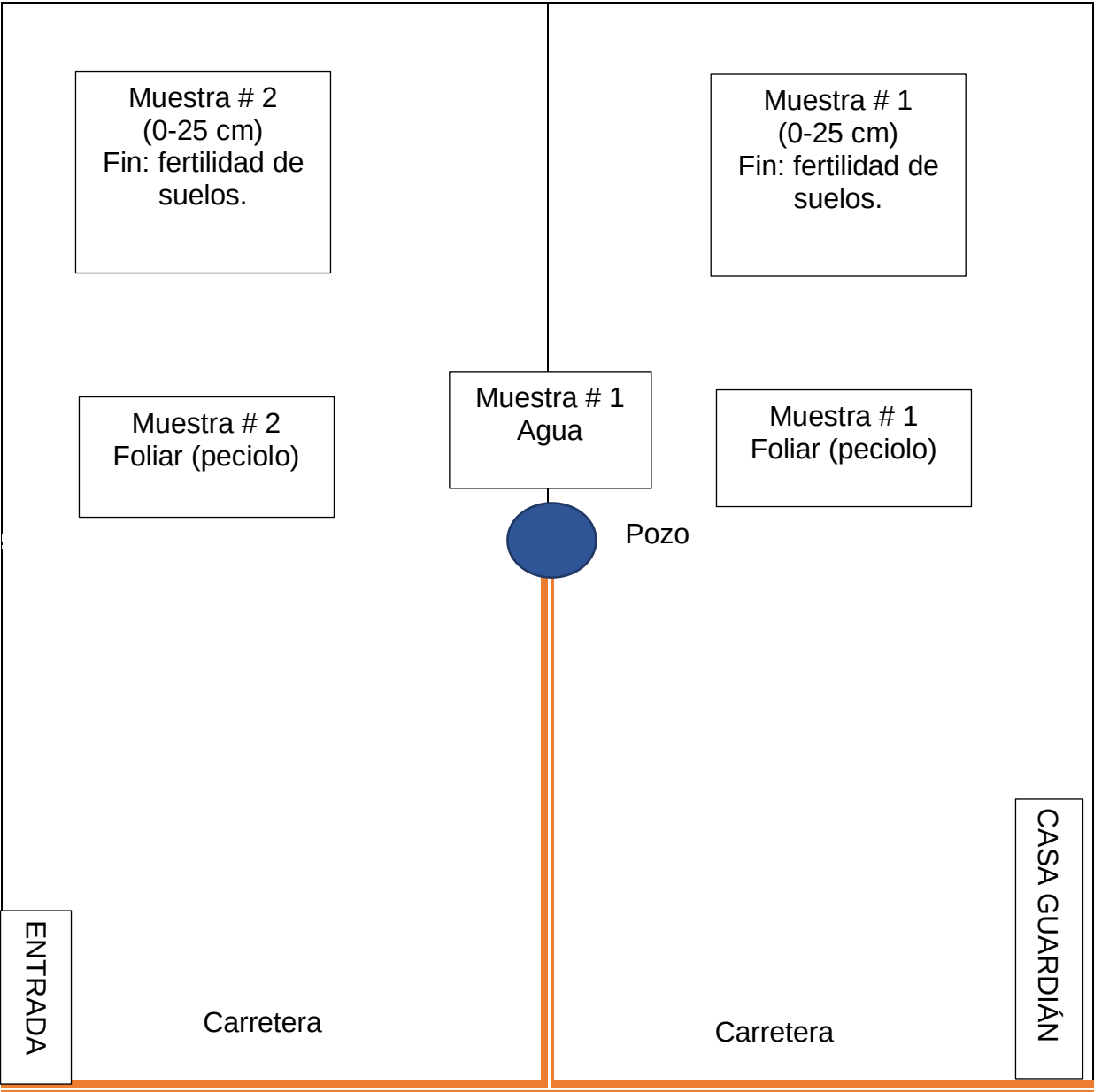


Figura 31. Croquis de recolección de muestras para finca El Tintal



Figura 32. Recolección de muestra de suelo, finca El Tintal



Figura 33. Secado de muestras de suelo

3.5.5 Conclusiones

1. Se obtuvo un total de ocho muestreos de suelo de las principales fincas de la empresa, para determinar las características físicas y químicas del suelo, realizando un total de veinticinco submuestreos para cada muestra.
2. Se recolectaron un total de cinco muestras foliares para conocer el estado nutricional de las plantas de papaya y un total de 3 muestras de agua, en las diferentes fincas de la empresa

3.5.6 Evaluación

En total se enviaron 8 muestras de suelo, 5 muestras foliares y 2 muestras de agua a Soluciones Analíticas S.A. para un total de 15 muestras enviadas, como se muestra en los cuadros 46 a 48.

Cuadro 46. Muestras de suelo obtenidas en las fincas evaluadas

No.	Finca	Total de muestras
1	Tancho	5
2	Fase 9	1
3	Tintal	2
	Total muestras de suelo	8

Cuadro 47. Muestreos foliares obtenidos en las fincas evaluadas

No.	Finca	Total de Muestras
1	Tancho	2
2	Fase 9	1
3	Tintal	2
	Total muestras foliares	5

Cuadro 48. Muestreos de agua realizados en las fincas respectivas

No.	Finca	Total de Muestras
1	Tancho	1
2	Fase 9	0
3	Tintal	1
	Total muestras de agua	2

3.5.7 Recomendaciones

1. Es importante que se realice un correcto muestreo, de manera que la muestra obtenida sea representativa para las condiciones evaluadas.
2. El recipiente para la obtención de la muestra de agua debe ser de agua potable, nunca debe utilizarse un recipiente de gaseosa, jugo o algún otro líquido que pueda alterar los resultados.
3. Para los muestreos foliares es de suma importancia desinfectar la navaja que se utilizará para la obtención de las muestras y así evitar cualquier tipo de contaminación o alteración.

3.6 Servicio 4. Identificación de las etapas fenológicas y principales actividades de manejo en el cultivo de papaya

3.6.1 Planteamiento del problema

La papaya es un cultivo de alta exigencia y, por lo tanto, requiere de un manejo adecuado para alcanzar los rendimientos esperados. En este sentido, es necesario conocer las etapas fenológicas del cultivo y sus principales características, para implementar de una manera correcta todas las actividades de manejo que la planta requiere.

Existe poco conocimiento por parte de los productores de papaya respecto a las etapas fenológicas del cultivo y por tal razón, es necesario contar con una fenología que se adapte a las condiciones del lugar de establecimiento del cultivo, en este caso Las Cruces, Petén. La fenología permitirá, diseñar mejores planes de nutrición, de control de plagas y enfermedades, manejo de malezas, entre otros, que conllevarán a obtener mayores rendimientos y beneficios para los productores.

3.6.2 Objetivos

A. General

Describir las etapas fenológicas del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) y sus principales características.

B. Específicos

1. Identificar las fases principales de la fenología del cultivo de papaya.
2. Describir las actividades principales de manejo para cada fase fenológica.
3. Desarrollar un plan de nutrición para el ciclo total del cultivo.

3.6.3 Metodología

A. Establecimiento del experimento

La realización del experimento se llevó a cabo en diferentes fincas de la empresa ANISA, ubicada en el municipio Las Cruces, Petén, de manera que se pudieran observar las plantaciones de papaya en sus diferentes etapas de crecimiento.

B. Características del material experimental

El cultivo de papaya evaluado pertenece a la variedad Tainung.

C. Observación de las plantaciones

Se realizaron observaciones semanales de las plantaciones de la finca en diferentes edades, de manera que pudiera obtenerse las características del cultivo en diferentes fases de crecimiento y desarrollo.

D. Toma de datos

Para las observaciones realizadas se tomaron datos que permitieran conocer las características de la planta en ese determinado momento. Los datos tomados fueron los siguientes:

- Edad de la planta
- Número de hojas en el árbol
- Número de hojas botadas o removidas
- Número de hojas emitidas en total
- Diámetro de tallo
- Altura hasta la formación de flores
- Número promedio de flores y frutos
- Velocidad de formación de hojas
- Características del fruto
- Largo de los peciolo

E. Comparación de datos

Los datos obtenidos fueron comparados con la literatura obtenida de manera que pudieran describirse las etapas fenológicas del cultivo de acuerdo con las condiciones de la finca.

Posteriormente se desarrolló un cuadro con las características principales y los periodos de duración de cada fase.

F. Descripción de las etapas fenológicas

Con los datos obtenidos se describieron las etapas del cultivo para las condiciones de la finca.

G. Observación de actividades de manejo

Se observaron las actividades de manejo para cada una de las fases fenológicas del cultivo y se llevó un control de las mismas.

H. Desarrollo del plan de nutrición

Se tomaron en cuenta los requerimientos del cultivo de papaya en un ciclo de 20 meses, así como los principales fertilizantes utilizados por la finca. En una tabla de Excel se colocaron las dosis mensuales en gramos de cada fertilizante, dosis en kg/ha y por último el aporte en nutrientes de cada fertilizante, para alcanzar los requerimientos del cultivo.

I. Análisis de datos

Con todos los datos obtenidos se procedió a constatar la información obtenida con la literatura pertinente. Con base a ello, se desarrolló un cuadro de etapas fenológicas y una serie de gráficos en donde se mostraban los diferentes estadios de desarrollo del cultivo de papaya.

3.6.4 Resultados

A. Fases fenológicas del cultivo de papaya

El cultivo de papaya es uno de los más exigentes en cuanto a demanda de agua y nutrientes por su acelerado proceso de crecimiento y desarrollo. Según Martínez (1998), de acuerdo con su comportamiento vegetativo y reproductivo, se distinguen las siguientes etapas o fases durante su desarrollo:

- Fase Vegetativa (V): Durante este periodo la planta está dedicada a la producción de hojas y al desarrollo vegetativo y comprende la etapa juvenil del cultivo.
- Fase Vegetativa-Reproductiva (V-R): Esta etapa es conocida como una fase de transición. Durante ella se inicia la floración y fructificación del cultivo, se desarrollan en su totalidad las estructuras vegetativas y se forman los frutos.

- Fase reproductiva (R): Es el periodo adulto de la planta y se caracteriza por presentar la máxima producción de la planta. Inicia la senescencia del follaje y algunos órganos y posteriormente la planta presenta una fuerte declinación.

Durante el desarrollo total del cultivo, se presentan 2 estadios vegetativos, 7 vegetativos-reproductivos y 3 reproductivos, para un total de 12 estadios. En el cuadro 49 se puede observar las principales características de cada una de estas fases:

Cuadro 49. Etapas de desarrollo de la papaya (*Carica papaya* L.)

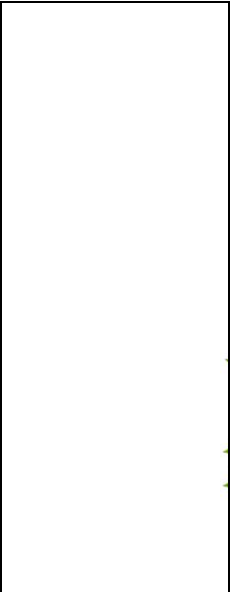
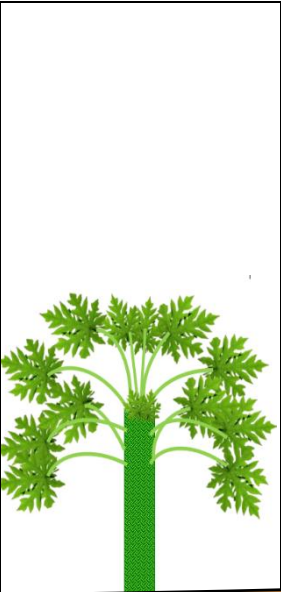
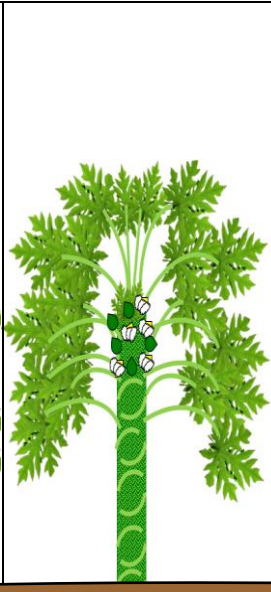
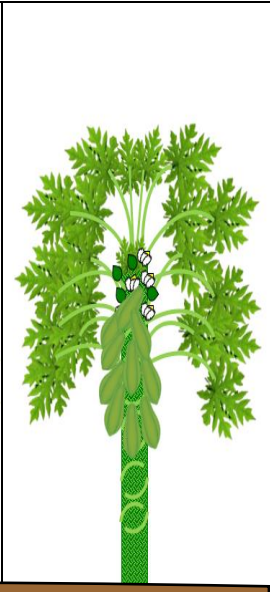
Estadio de desarrollo	Edad	Características principales
Vegetativo-0 (V-0)	Semillero (0-30 días)	Germinación de la semilla Formación de las primeras 4-5 hojas
Vegetativo-1 (V-1)	0-40 DDT 0-1.3 meses 6 semanas de duración	Hojas emitidas: 10 a 12 hojas
Vegetativo-2 (V-2)	41-83 DDT 1.4-2.8 meses 6 semanas de duración	Hojas formadas: alrededor de 30 Caída de primeras hojas: 50 días Hojas en la planta: 20-25 Hoja/2 días
Vegetativo-Reproductivo 1 (VR-1)	84-110 DDT 2.8-3.7 meses 4 semanas de duración	Hojas formadas: 45 Hojas caídas: 15 Hojas en la planta: 30 Una hoja/ 2 días INICIO FLORACIÓN Alrededor de 10 flores/planta
Vegetativo-Reproductivo 2 (VR-2)	111-150 DDT 3.7-5 meses 6 semanas de duración	Hojas emitidas: 65 Hojas caídas: 30 Hojas en la planta: 35 Una hoja/ 2 ó 2.3 días INICIO FRUCTIFICACIÓN: cerca de 25 flores y 25 frutos/planta Formación de frutos de 1 a 1.5 m 1.05 m peciolo 43.5 cm de diámetro de tallo
Vegetativo-Reproductivo 3 (VR-3)	151-190 DDT 5-6.3 meses 5-6 semanas	Hojas emitidas: 80 Hojas caídas: 45 Hojas en la planta: 35

		Una hoja/ 2 ó 3 días
Vegetativo-Reproductivo 4 (VR-4)	191-220 DDT 6.4-7.3 meses 4 semanas	Hojas emitidas: 100 Hojas caídas: 65 Hojas en la planta: 35 Una hoja/ 2 ó 2.2 días INICIO COSECHA
Vegetativo-Reproductivo 5 (VR-5)	221-270 DDT 7.4-9 meses 7-8 semanas	Hojas emitidas: 114 Hojas caídas: 77 Hojas en la planta: 85 ESTABILIZACIÓN Hojas en la planta, velocidad emisión foliar y durabilidad de hojas.
Vegetativo-Reproductivo 6 (VR-6)	271-300 DDT 9-10 meses 4 semanas	Hojas emitidas: 130 Hojas caídas: 93 Hojas en la planta: 37 INICIO PLENA PRODUCCIÓN
Vegetativo-Reproductivo 7 (VR-7)	301-405 DDT 10-13.5 meses 15 semanas	Hojas emitidas: 175 Hojas caídas: 143 Hojas en la planta: 32 SE CAEN MAYOR CANTIDAD DE HOJAS QUE LAS EMITIDAS MADUREZ FISIOLÓGICA VEGETAL
Reproductivo-1 (R-1)	406-460 DDT 13.5-15.3 meses 8 semanas	Hojas en planta: 27 REDUCCIÓN DE HOJAS Y DE IAF MÁXIMA PRODUCCIÓN
Reproductivo-2 (R-2)	461-510 DDT 15.4-17 meses 10 semanas	PARÁMETROS VEGETATIVOS ESTABLES CAÍDA DE LA PRODUCCIÓN
Reproductivo-3 (R-3)	511-600 17-20 meses 12 semanas	PRODUCCIÓN DE FITOMASA DECLINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Fuente: Tomado de Martínez (1998).

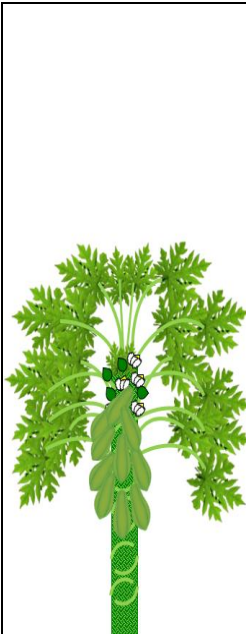
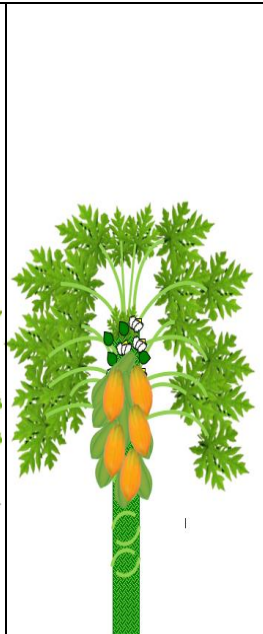
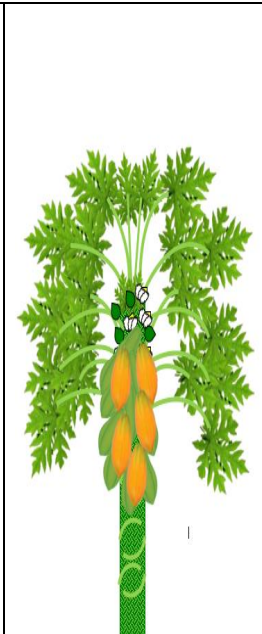
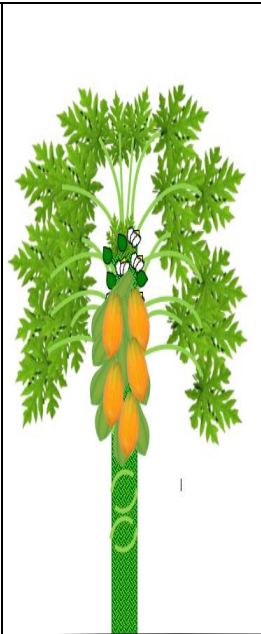
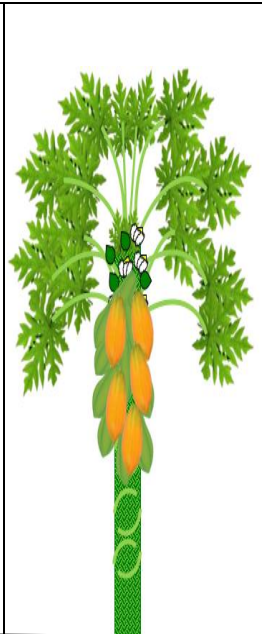
En los cuadros 50 a 52 se especifican las actividades agrícolas de mayor importancia para cada etapa.

Cuadro 50. Actividades principales en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.)

				
Vegetativo (V-0)	Vegetativo-1 (V-1)	Vegetativo-2 (V-2)	Vegetativo-Reproductivo 1 (VR-1)	Vegetativo-Reproductivo 2 (VR-2)
-Fase de vivero -Preparación de suelos -Diseño de calles -Diseño de riego -Materia orgánica de fondo	-Establecimiento del cultivo -Damping off -Plagas de suelo -Aplicación de cal -Aplicación P y N -Establecimiento cinta de riego	-Fertilizante completo -Alta necesidad de N -Presencia inicial de mosca blanca (<i>Bemisia spp.</i>) -Sexado -Manejo de malezas	-Boro y Calcio para polinización y cuaje. -Potasio para formación de fruto y Brix. -Botrytis -Frutos deformes -Importancia de elementos menores	-Alta cantidad de potasio. -Problemas de antracnosis -Manejo de follaje -Mosca blanca y ácaros

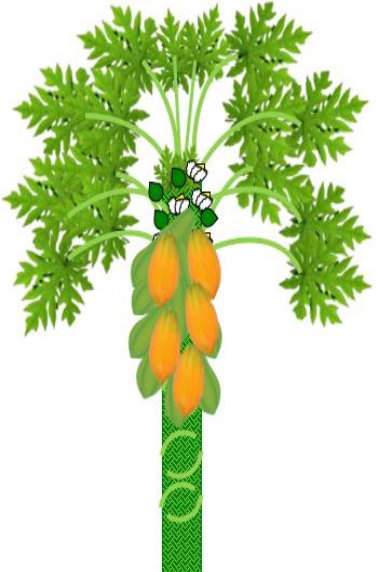
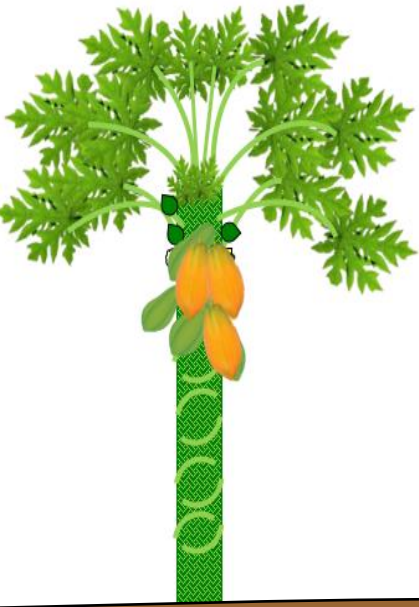
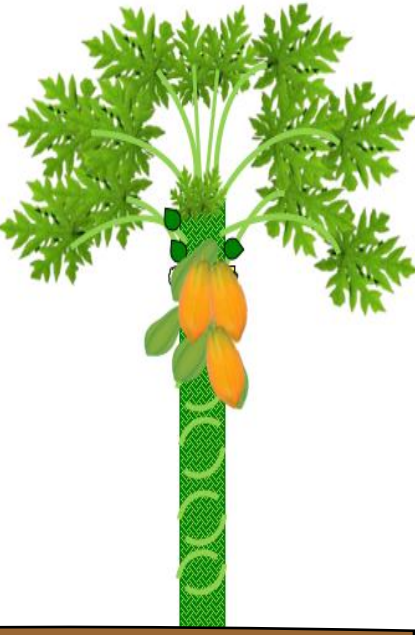
Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 51. Actividades principales en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) (2)

				
Vegetativo-Reproductivo 3 (VR-3)	Vegetativo-Reproductivo 4 (VR-4)	Vegetativo-Reproductivo 5 (VR-5)	Vegetativo-Reproductivo 6 (VR-6)	Vegetativo-Reproductivo 7 (VR-7)
-Aplicaciones de potasio para carga -Manejo de plagas y enfermedades -Manejo de malezas	-Cantidades altas de potasio y nitrógeno. -Monitoreo de plagas y enfermedades -Manejo de malezas -Cosecha -Manejo de cochinilla	-Estabilización del follaje -Cosecha continua -Monitoreo del cultivo	-Inicio de plena producción -Aplicaciones foliares constantes -Manejo de follaje	-Alcanza su madurez fisiológica -Se empiezan a caer más hojas -Aplicaciones de N y K

Fuente: elaboración propia, 2018.

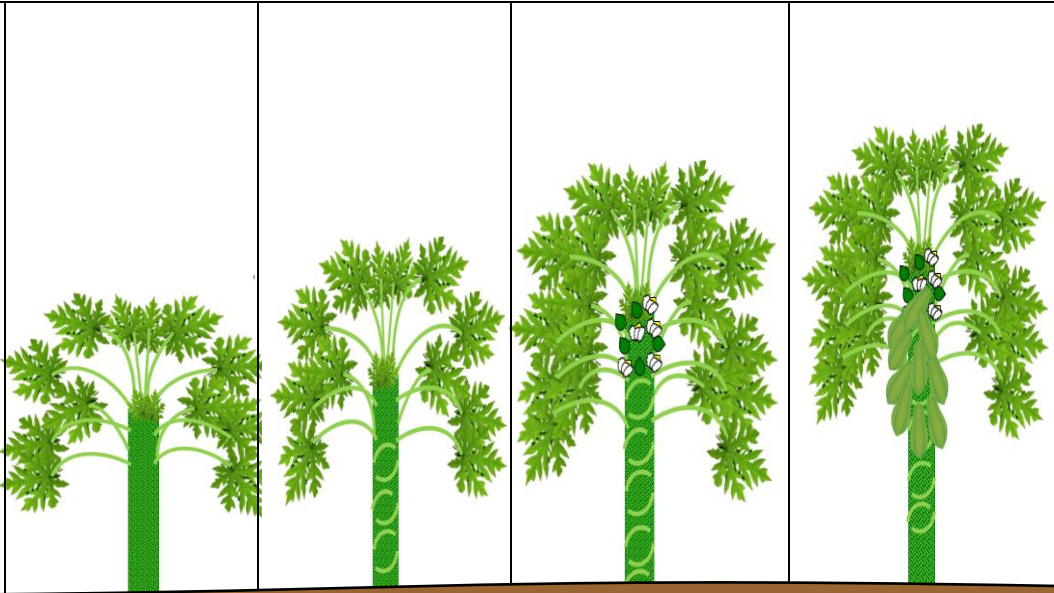
Cuadro 52. Actividades principales en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) (3)

		
Reproductivo 1 (R-1)	Reproductivo 2 (R-2)	Reproductivo 3 (R-3)
-Reducción de follaje y del IAF -Plantas que alcanzan alturas de 2 a 2.5 m -Aplicaciones más localizadas -Manejo de cochinilla	-Reducción de flores, frutos -Reducción en la cosecha -Alturas de hasta 3 m en algunos casos	-Producción de fitomasa -Caída en la producción -Dificultad de cosecha.

Fuente: elaboración propia, 2018.

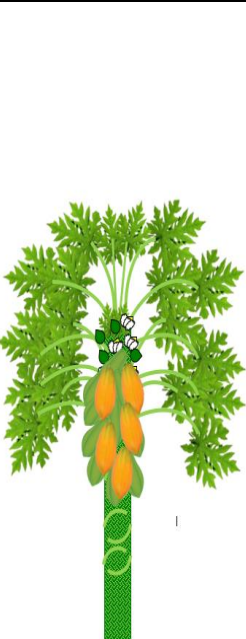
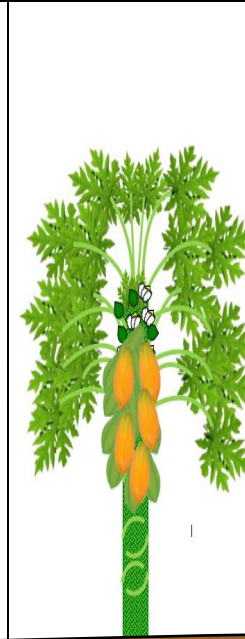
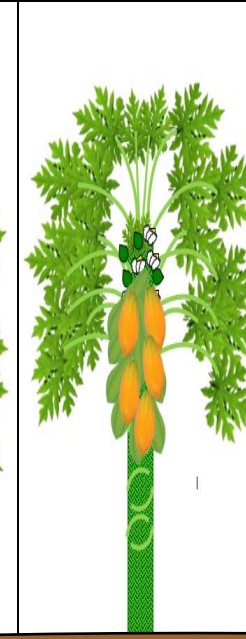
B. Programa de nutrición para las diferentes fases fenológicas del cultivo

Cuadro 53. Programa de fertilización para el cultivo de papaya (*Carica papaya*)

				
Vegetativo (V-0)	Vegetativo-1 (V-1)	Vegetativo-2 (V-2)	Vegetativo- Reproductivo 1 (VR-1)	Vegetativo- Reproductivo 2 (VR-2)
	(12-24-12+ EM)	(12-24-12+ EM) (12-11-18 + EM) (0-0-62) Elementos quelatados	(15-15-15 + EM) (12-11-18 + EM) (0-0-62) Foliar (Ca, B, Zn) Elementos quelatados	(15-15-15+ EM) (12-11-18+ EM) (0-0-62) (15.5-26 CaO) Foliar (Ca, B, Zn) Solubor

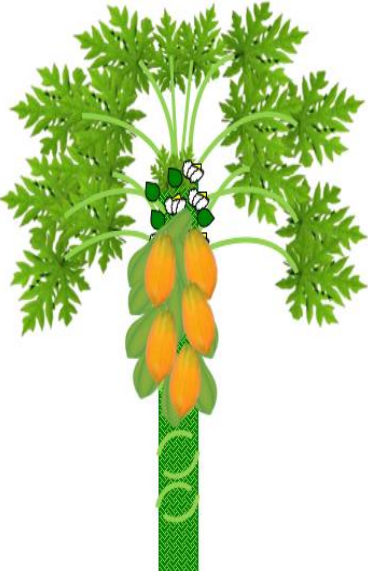
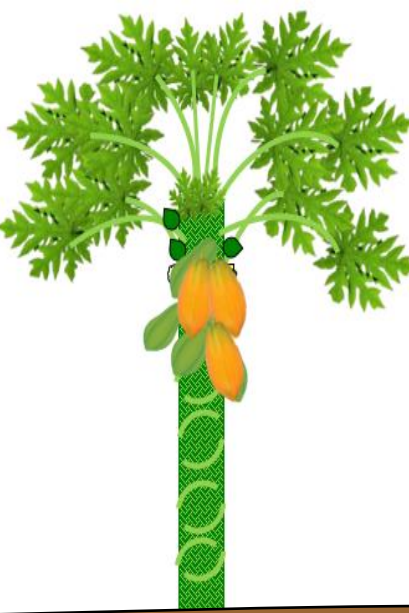
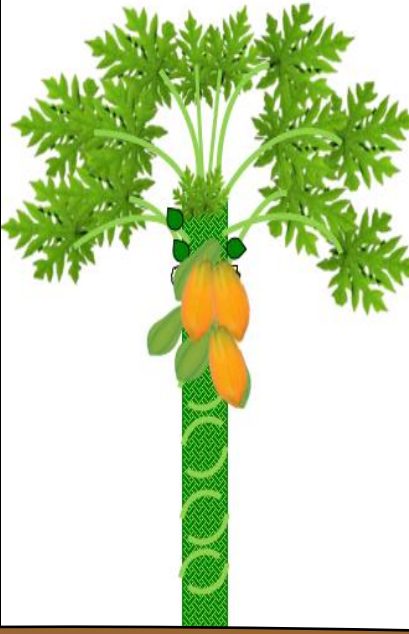
Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 54. Programa de fertilización para el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) (2)

				
Vegetativo-Reproductivo 3 (VR-3)	Vegetativo-Reproductivo 4 (VR-4)	Vegetativo-Reproductivo 5 (VR-5)	Vegetativo-Reproductivo 6 (VR-6)	Vegetativo-Reproductivo 7 (VR-7)
(12-11-18+ EM) (0-0-62) (15.5-26 CaO) Foliar (Ca, B, Zn)	(0-0-62) Foliar (Ca, B, Zn)	(12-11-18+ EM) (0-0-62) (15.5-26 CaO) Foliar (Ca, B, Zn) Quelatos	(0-0-62) Foliar (Ca, B, Zn) Quelatos	(12-11-18 +EM) (0-0-62) (15.5-26 CaO) Foliar (Ca, B, Zn)

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 55. Programa de fertilización para el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) (2)

		
Reproductivo 1 (R-1)	Reproductivo 2 (R-2)	Reproductivo 3 (R-3)
(0-0-62) Urea Foliar (Ca, B, Zn)	(12-11-18) (0-0-62) Urea Foliar (Ca, B, Zn)	-(0-0-62) Urea Foliar (Ca, B, Zn).

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.6.5 Plan de nutrición detallado por mes para el cultivo

Es importante mencionar que este programa nutricional tiene que ser reforzado con otros productos tales como ácido nítrico, Solubor, nitrato de magnesio, nitrato de potasio, elementos quelatados, entre otros. Los aportes nutritivos mensuales de todas las fuentes para el cultivo de papaya se presentan en el cuadro 56.

Cuadro 56. Aporte de cada fuente fertilizante por mes para cada planta (g)

Fuente	Meses (g de fertilizante/planta)																				Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
13-40-13	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
12-24-12			36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
12-11-18	0	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	321
15-15-15	0	0	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	0	36	286
Nitrato de Calcio	0	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29	0	29	29	257
MOP	0	0	71	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	1786
Urea	0	0	0	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	571
Solubor				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34
Ácido Nítrico				14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	229
Nitrato de Potasio				89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	1429
Sulfato de Magnesio				18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	286

Por último, en el cuadro 57 , se observan los aportes de cada fertilizante por elemento y el total en kg/ha que es absorbido por el cultivo:

Cuadro 57. Aportes nutricionales por elemento de cada fuente fertilizante

Aportes nutricionales (gramos/planta) hasta el mes 20												
Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ₂ O	MgO	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Mo
13-40-13	9.286	28.571	9.286	0.000	0.357	0.643	0.018	0.018	0.050	0.029	0.007	0.003
12-24-12	8.57	17.14	8.57	0.00	1.43	0.71	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
12-11-18	38.57	35.36	57.86	0.00	8.68	25.71	0.05	0.06	0.64	0.06	0.00	0.00
15-15-15	48.21	48.21	48.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00
0-0-62	0.00	0.00	1173.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrato de Calcio	44.29	0.00	0.00	74.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Solubor (20.5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ácido Nítrico	165.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13.5-0-46	204.91	0.00	698.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sulfato de Magnesio	0.00	0.00	0.00	0.00	48.57	97.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total g/planta	518.98	129.29	1995.71	74.29	59.04	124.21	7.56	0.42	0.69	0.09	0.01	0.00
Total kg/Ha	726.58	181	2794	104	82.65	173.9	10.5875	0.585	0.97	0.13	0.01	0

C. Álbum fotográfico de las diferentes etapas del cultivo



Figura 34. Planta en fase de vivero V-0

Fuente: propia, 2018.



Figura 35. Planta en fase vegetativa V-1

Fuente: propia, 2018.



Figura 36. Planta en fase vegetativa V-2

Fuente: propia, 2018.



Figura 37. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-1

Fuente: propia, 2018.



Figura 38. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-2

Fuente: propia, 2018.



Figura 39. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-3

Fuente: propia, 2018.



Figura 40. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-4

Fuente: propia, 2018.



Figura 41. Planta en fase vegetativa-reproductiva VR-5

Fuente: propia, 2018.



Figura 42. Planta en fase reproductiva R-1

Fuente: propia, 2018.



Figura 43. Planta en fase reproductiva R-3

Fuente: propia, 2018.

3.6.6 Conclusiones

1. La fenología del cultivo de papaya se divide en dos etapas vegetativas (V-1 y V-2), siete etapas vegetativas-reproductivas (VR-1, VR-2, VR-3, VR-4, VR-5, VR-6 y VR-7) y tres etapas reproductivas (R-1, R-2 y R-3).
2. Cada una de las etapas fenológicas presenta características que permite diferenciarlas respecto a las otras, en cuanto al número de hojas emitidas, hojas botadas, formación de flores, frutos, entre otros.
3. Las actividades de manejo deben adecuarse de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo. Por lo general, a partir de la primera cosecha, en la fase VR-3, las actividades de manejo se vuelven constantes y deben darse solo ciertas modificaciones con base al estado de la planta.
4. El plan de nutrición para el ciclo total del cultivo mostró que el elemento de mayor importancia en el cultivo es el potasio, seguido del nitrógeno. Es importante saber adecuar el plan de acuerdo con las etapas de crecimiento del cultivo.

3.6.7 Recomendaciones

1. Las actividades de manejo propuestas pueden ser modificadas de acuerdo con el estado actual de la planta.
2. El plan de nutrición para el cultivo debe ser flexible, de manera que puedan realizarse cambios para lograr un mayor desarrollo del cultivo.
3. La duración de las etapas puede variar por condiciones externas tales como factores climáticos, edáficos o biológicos, por lo que es necesario estar al tanto de la interacción de dichos factores con la planta.

3.7 RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SERVICIOS EPS

Cuadro 58. Resumen actividades EPSA

Actividad	Resultados obtenidos
Desarrollo de parcela comercial con nitrato de calcio en cultivo de papaya	Aplicación de 100 kg/ha de nitrato de calcio en 1.75 Ha mediante fertiriego
Elaboración de parcela de investigación con foliares Yara para empresa ANISA	400 plantas evaluadas con diferentes dosis de B, Zn y Ca.
Parcela demostrativa de maíz en Las Cruces, Petén asociación Yara-Tecún	Rendimientos de diferentes híbridos DK para dos tratamientos Yara
Día de campo en Las Cruces, Petén parcela demostrativa Yara-Tecún	Cerca de 100 productores de maíz capacitados en temas de nutrición vegetal
Desarrollo de 5 parcelas demostrativas con productos Yara en diferentes localidades de Las Cruces, Petén	5 parcelas demostrativas para eventos de producción de productos
Día de campo en parcelas en Canaán y la Nueva Libertad, Sayaxché	Capacitación de más de 100 productores en temas relacionados a nutrición de maíz
Feria agrícola en Las Cruces, Petén en parcela demostrativa Yara-Syngenta	Capacitación de cerca de 100 personas en diferentes temas de maíz y frijol.
Día de campo en Pipiles, Las Cruces y Palestina.	Presentación de parcela demostrativa y exposición de temas de nutrición vegetal
Apoyo técnico a diferentes productores de la zona	Capacitación en temas de nutrición vegetal
Apoyo técnico en fincas papayeras de la empresa ANISA	Supervisión y apoyo en actividades de manejo del cultivo de papaya
Mantenimiento y reparación de bombas motorizadas tipo Maruyama	Mantenimiento de 5 bombas pertenecientes a ANISA
Supervisión, cambio y monitoreo de trampas Jackson y Macfile para la mosca mexicana de la fruta (<i>Anastrepha ludens</i>) y mosca del mediterráneo (<i>Ceratitis capitata</i>)	Apoyo a personal de PIPPA, MAGA en el monitoreo y supervisión de 15 juegos de trampas en las fincas de ANISA
Recolección de muestras de suelo, planta y agua en cultivos de maíz y papaya	15 muestras obtenidas en papaya y 3 muestras obtenidas en maíz.

3.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Arévalo, G; Castellano, M. 2009. Manual de fertilizantes y enmiendas; Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. 57 p.
2. Bertsch, F. 2007. Muestreo foliar. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 6 p.
3. Casas, A; Casas, E. 1999. Análisis de suelo, planta y agua. 2 ed. Almería, España, Caja Rural de Almería. 249 p.
4. Domenech, X. 2000. Química del suelo, el impacto de los contaminantes. 3 ed. Madrid, España, Miranguano Ediciones. 95 p.
5. García, M. 2010. Guía técnica del cultivo de papaya. El Salvador, Centro_Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (en línea). Consultado 25 jul. 2018. Disponible en www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf
6. Gutiérrez, J. 2007. El diagnóstico nutricional en el análisis de la hoja. México, CSR Servicios.
7. Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 619 p.
8. Jiménez, J. 2002. Manual práctico para el cultivo de papaya hawaiana. Guácimo, Costa Rica, EARTH. 108 p.
9. López Bautista, EA; González Ramírez, BA. 2014. Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía. 2 ed. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 248 p.
10. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2014. El agro en cifras 2014. Guatemala. 266 p.
11. Martínez, E. 1998. Crecimiento, desarrollo y potencial productivo de la papaya en el Caribe colombiano. Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 72 p.
12. Restrepo, R; Hensel, J. 2013. El ABC de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra. Santiago de Cali, Colombia, Feriva. 396 p.